

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC903 U.S. PTO
09/862557
05/22/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

2000年 5月25日

出願番号
Application Number:

特願2000-155403

出願人
Applicant(s):

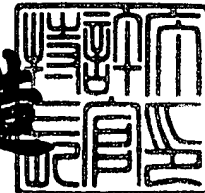
ソニー株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 3月16日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3019288

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000242102

【提出日】 平成12年 5月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 11/00
H01L 21/66

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 菊池 啓記

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100067736

【弁理士】

【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

【識別番号】 100086335

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 榮一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096677

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707387

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 焦点合わせ制御機構及びこれを用いた検査装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対物レンズを用いて観察対象を観察する際に上記対物レンズの焦点合わせを行う焦点合わせ制御機構において、

上記対物レンズに対して固定して設けられる距離センサと、

上記観察対象が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと、上記距離センサの感度の空間分布を示すデータとを記憶しておく記憶手段と、

上記対物レンズと上記観察対象との一方或いは双方を互いに近接離間する方向に相対移動させる移動手段と、

上記移動手段の動作を制御する制御手段とを備え、

上記制御手段は、上記記憶手段に記憶された上記観察対象が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと上記距離センサの感度の空間分布を示すデータとを用いて、現実の凸パターン或いは凹パターンの形状と上記距離センサが認識する凸パターン或いは凹パターンの形状とのずれ量を補正值として算出し、この補正值を用いて上記距離センサからの出力を補正して移動目標値を求め、この移動目標値に応じて上記移動手段の動作を制御すること

を特徴とする焦点合わせ制御機構。

【請求項 2】 上記観察対象が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータとして、1つの凸パターン或いは凹パターン毎に代表する2点の座標データが上記記憶手段に記憶されており、

上記制御手段は、上記2点を結ぶ線を対角線とする矩形領域を上記凸パターン或いは凹パターンの現実の外径形状として認識すること

を特徴とする請求項 1 記載の焦点合わせ制御機構。

【請求項 3】 上記距離センサとして、静電容量型センサを備えること

を特徴とする請求項 1 記載の焦点合わせ制御機構。

【請求項 4】 検査対象物に対して対物レンズで集光した照明光を照射して上記検査対象物を照明する照明手段と、

上記照明手段により照明された検査対象物の画像を撮像する画像撮像手段と、

上記画像撮像手段により撮像された画像を処理して上記検査対象物の状態を検査する検査手段と、

上記対物レンズに対して固定して設けられる距離センサと、

上記検査対象物が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと、
上記距離センサの感度の空間分布を示すデータとを記憶しておく記憶手段と、

上記対物レンズと上記検査対象物との一方或いは双方を互いに近接離間する方向に相対移動させる移動手段と、

上記移動手段の動作を制御する制御手段とを備え、

上記制御手段は、上記記憶手段に記憶された上記検査対象物が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと上記距離センサの感度の空間分布を示すデータとを用いて、現実の凸パターン或いは凹パターンの形状と上記距離センサが認識する凸パターン或いは凹パターンの形状とのずれ量を補正值として算出し、この補正值を用いて上記距離センサからの出力を補正して移動目標値を求め、この移動目標値に応じて上記移動手段の動作を制御すること

を特徴とする検査装置。

【請求項 5】 上記検査対象物が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータとして、1つの凸パターン或いは凹パターン毎に代表する2点の座標データが上記記憶手段に記憶されており、

上記制御手段は、上記2点を結ぶ線に対角線とする矩形領域を上記凸パターン或いは凹パターンの現実の外径形状として認識すること

を特徴とする請求項 4 記載の検査装置。

【請求項 6】 上記距離センサとして、静電容量型センサを備えること
を特徴とする請求項 4 記載の検査装置。

【請求項 7】 上記照明手段は、上記検査対象物に対して紫外域の波長を有する照明光を照射すること

を特徴とする請求項 4 記載の検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、観察対象を観察する際に用いる対物レンズの焦点合わせを行う焦点合わせ制御機構及びこれを用いて対物レンズの焦点合わせを行いながら半導体デバイス等の検査対象物の検査を行う検査装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

半導体デバイスは、半導体ウェハ上に微細なデバイスパターンを形成することにより作製される。この半導体デバイスの作製工程において、例えば、パターン上に異物が付着したり寸法異常が生じたりすると、デバイスパターンの欠陥となる。デバイスパターンに欠陥が生じた半導体デバイスは、不良デバイスとなるので、製造工程における歩留まりを高い水準で安定させるためには、このようなデバイスパターンの欠陥を早期に発見し、その原因を突き止め、製造工程に対して有効な対策を講じる必要がある。

【 0 0 0 3 】

そこで、デバイスパターンに欠陥が生じた場合には、検査装置を用いてその欠陥を調べ、原因を追及して、欠陥を生じさせる設備や工程を特定するようにしている。ここで、デバイスパターンの欠陥を調べる検査装置としては、一般に欠陥の生じた部分に照明光を照射し、その像を対物レンズで拡大して観察する、いわゆる光学顕微鏡を用いた装置が使用される。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、半導体デバイスのデバイスパターンは微細化される傾向にあり、近年では線幅 $0.18\mu\text{m}$ 以下のデザインルールが適用されるようになってきている。このようなデバイスパターンの微細化に伴い、これまでは無視できたような微細な欠陥についても、検査装置で検査する必要が生じてきている。

【 0 0 0 5 】

このような微細な欠陥を適切に検査するために、検査装置の照明光として紫外域の波長を有する紫外光を用いる試みがなされている。検査装置は、短波長の紫外光を照明光として用いることにより、可視光を照明光として用いる場合に比べて高い分解能を得ることができ、微細な欠陥を適切に検査できるようになる。

【 0 0 0 6 】

紫外光を照明光として用いる場合には、紫外光に対して最適な結像特性を示すように設計されたレンズを対物レンズとして用いる必要がある。この紫外光用の対物レンズは、焦点深度が極めて短く、例えば、紫外光の波長が 2 6 6 n m の場合、開口数 N A が 0 . 9、結像倍率 1 0 0 倍の紫外光用対物レンズでは、その焦点深度は、 $\pm 0 . 1 6 \mu \text{m}$ 程度である。

【 0 0 0 7 】

以上のような検査装置で欠陥の検査をする場合には、対物レンズの焦点合わせを行う必要があるが、このように焦点深度が極めて短い紫外光用の対物レンズの焦点合わせを手作業で正確に行うことは非常に困難である。また、検査を行う度に対物レンズの焦点合わせを手作業で行っていたのでは、検査に長時間かかってしまい、経済性の観点からも好ましくない。そこで、紫外光を照明光として用いる検査装置では、手作業によらず、自動で対物レンズの焦点合わせを正確且つ高速に行う高精度な焦点合わせ機構が求められる。

【 0 0 0 8 】

対物レンズの焦点合わせを自動で行う焦点合わせ機構としては、距離測定用の光を対物レンズに入射させ、検査対象物によって反射される光を検出して、その位置や光量の変化をもとに対物レンズの焦点合わせを行うものが知られている。ここで、距離測定用の光を出射する光源としては、検査対象物に対する影響やコスト等を考慮して、可視或いは近赤外波長のレーザ光を出射するレーザダイオードを用いることが一般的である。

【 0 0 0 9 】

しかしながら、照明光として紫外光を用いる検査装置に以上のような焦点合わせ機構を適用することは非常に困難である。すなわち、照明光として紫外光を用いる検査装置では、上述したように、紫外光に対して最適な結像特性を示すように設計されたレンズを対物レンズとして用いているので、可視或いは近赤外波長のレーザ光をこの対物レンズに入射させると色収差が生じ、その焦点面が、紫外光を入射させた場合の焦点面から大きくずれてしまい、適切な対物レンズの焦点合わせを行うことができない。また、対物レンズとして、照明光として用いる紫

外光と、距離測定用の光として用いる可視或いは近赤外波長のレーザ光との双方に対して収差補正がなされたレンズを用いることも考えられるが、そのようなレンズは作製が極めて難しくコストアップにつながることで、そのようなレンズは、通常、異種のガラス材料が接着剤を介して貼り合わされた構造となっており、接着剤が紫外光によって劣化しやすいこと等の問題がある。

【 0 0 1 0 】

そこで、紫外光用の対物レンズの焦点合わせを行う方法として、対物レンズの近傍に静電容量型センサ等の距離センサを配設し、この距離センサを用いて対物レンズと検査対象物の間の距離を測定し、その測定結果に基づいて対物レンズ或いは検査対象物を移動させることで自動焦点合わせを行う方法が検討されている。

【 0 0 1 1 】

ところで、デバイスパターンの種類によっては、1つのダイ（個々のチップとなる部分）の中に、紫外光用対物レンズの焦点深度を大きく超えるような段差が生じている場合がある。例えば、「DRAM混載Logic LSI」においては、DRAM部分がLogic部分よりも凸となっており、これらの間の段差は1 μ m以上にも及んでいる場合がある。これに対して、上記距離センサは、通常、直径が約3 mmの領域を測定領域とし、この測定領域内の平均距離を対物レンズと検査対象物との間の距離として検出する。したがって、「DRAM混載Logic LSI」が形成された半導体ウェハの検査を行う場合に、以上のような距離センサを用いて、紫外光用対物レンズの自動焦点合わせを行おうとすると、「DRAM混載Logic LSI」のDRAM部分とLogic部分との境界部分が距離センサの測定領域内に入った場合には、距離センサが半導体ウェハまでの距離を正確に検出することができず、対物レンズの焦点合わせを適切に行うことができない。

【 0 0 1 2 】

本発明は、以上のような実情に鑑みて創案されたものであって、対物レンズの焦点深度を超えるような段差を有する検査対象物を検査する場合であっても、距離センサを用いて、対物レンズの焦点合わせを適切に行うことができる焦点合わせ制御機構及びこれを用いた検査装置を提供することを目的としている。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る焦点合わせ制御機構は、対物レンズを用いて観察対象を観察する際に対物レンズの焦点合わせを行うものであり、対物レンズに対して固定して設けられる距離センサと、観察対象が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと距離センサの感度の空間分布を示すデータとを記憶しておく記憶手段と、対物レンズと観察対象との一方或いは双方を互いに近接離間する方向に相対移動させる移動手段と、この移動手段の動作を制御する制御手段とを備えている。そして、この焦点合わせ制御機構は、制御手段が、記憶手段に記憶された観察対象が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと距離センサの感度の空間分布を示すデータとを用いて、現実の凸パターン或いは凹パターンの形状と距離センサが認識する凸パターン或いは凹パターンの形状とのずれ量を補正值として算出し、この補正值を用いて距離センサからの出力を補正して移動目標値を求め、この移動目標値に応じて移動手段の動作を制御することを特徴としている。

【 0 0 1 4 】

この焦点合わせ制御機構により対物レンズの焦点合わせを行う際は、先ず、距離センサにより対物レンズと観察対象との間の距離が測定される。ここで、観察対象が凸パターン或いは凹パターンを有し、距離センサの測定領域内にこの凸パターン或いは凹パターンがある場合には、距離センサの測定領域内における凸形状や凹形状に起因して、距離センサが認識する凸パターン或いは凹パターンの形状が現実の凸パターン或いは凹パターンの形状からずれている場合がある。

【 0 0 1 5 】

距離センサからの出力は、制御手段に供給される。制御手段は、記憶手段に記憶された観察対象が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと距離センサの感度の空間分布を示すデータとを用いて、現実の凸パターン或いは凹パターンの形状と距離センサが認識する凸パターン或いは凹パターンの形状とのずれ量を補正值として算出する。そして、制御手段は、算出した補正值を用いて距離センサからの出力を補正して、対物レンズと観察対象との一方或いは双方を

相対移動させる移動目標値を求め、この移動目標値に応じて移動手段の動作を制御する。

【 0 0 1 6 】

移動手段は、制御手段の制御に応じて、対物レンズと観察対象との一方或いは双方を互いに近接離間する方向に、移動目標値分だけ相対移動させる。これにより、対物レンズと観察対象との間の距離が制御され、対物レンズの焦点合わせが行われる。

【 0 0 1 7 】

また、本発明に係る検査装置は、検査対象物に対して対物レンズで集光した照明光を照射して検査対象物を照明する照明手段と、この照明手段により照明された検査対象物の画像を撮像する画像撮像手段と、この画像撮像手段により撮像された画像を処理して検査対象物の状態を検査する検査手段と、対物レンズに対して固定して設けられる距離センサと、検査対象物が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと、距離センサの感度の空間分布を示すデータとを記憶しておく記憶手段と、対物レンズと検査対象物との一方或いは双方を互いに近接離間する方向に相対移動させる移動手段と、移動手段の動作を制御する制御手段とを備えている。そして、この検査装置は、制御手段が、記憶手段に記憶された検査対象物が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと距離センサの感度の空間分布を示すデータとを用いて、現実の凸パターン或いは凹パターンの形状と距離センサが認識する凸パターン或いは凹パターンの形状とのずれ量を補正值として算出し、この補正值を用いて距離センサからの出力を補正して移動目標値を求め、この移動目標値に応じて移動手段の動作を制御することを特徴としている。

【 0 0 1 8 】

この検査装置により検査対象物の検査を行う際は、照明手段により、検査対象物に対して対物レンズで集光した照明光が照射され、検査対象物が照明される。そして、照明光で照明された検査対象物の画像が画像撮像手段により撮像される。

【 0 0 1 9 】

このとき、対物レンズの焦点合わせが行われる。対物レンズの焦点合わせを行う際は、先ず、距離センサにより対物レンズと検査対象物との間の距離が測定される。ここで、検査対象物が凸パターン或いは凹パターンを有し、距離センサの測定領域内にこの凸パターン或いは凹パターンがある場合には、距離センサの測定領域内における凸形状や凹形状に起因して、距離センサが認識する凸パターン或いは凹パターンの形状が現実の凸パターン或いは凹パターンの形状からずれている場合がある。

【0020】

距離センサからの出力は、制御手段に供給される。制御手段は、記憶手段に記憶された検査対象物が有する凸パターン或いは凹パターンの形状を示すデータと距離センサの感度の空間分布を示すデータとを用いて、現実の凸パターン或いは凹パターンの形状と距離センサが認識する凸パターン或いは凹パターンの形状とのずれ量を補正值として算出する。そして、制御手段は、算出した補正值を用いて距離センサからの出力を補正して、対物レンズと検査対象物との一方或いは双方を相対移動させる移動目標値を求め、この移動目標値に応じて移動手段の動作を制御する。

【0021】

移動手段は、制御手段の制御に応じて、対物レンズと検査対象物との一方或いは双方を互いに近接離間する方向に、移動目標値分だけ相対移動させる。これにより、対物レンズと検査対象物との間の距離が制御され、対物レンズの焦点合わせが行われる。

【0022】

対物レンズの焦点合わせが行われた状態で、画像撮像手段により撮像された検査対象物の画像は、検査手段に供給される。検査手段は、画像撮像手段により撮像された検査対象物の画像を処理することで、検査対象物の状態を検査する。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、ここでは、半導体ウェハ上に形成されたデバイスパターンを検査する検査装置に

本発明を適用した例について説明するが、本発明は、ここで挙げる例に限定されるものではなく、凸パターン或いは凹パターンを有する観察対象に対する対物レンズの焦点合わせを距離センサを用いて行う場合に広く適用可能である。

【 0 0 2 4 】

本発明を適用した検査装置の全体構成を図 1 に模式的に示す。この図 1 に示す検査装置 1 は、検査対象物である半導体ウェハ 1 0 0 が設置される検査用ステージ 2 を備えている。この検査用ステージ 2 は、検査対象物である半導体ウェハ 1 0 0 を支持すると共に、支持した半導体ウェハ 1 0 0 の検査すべき箇所（以下、検査箇所という。）を所定の検査位置へと移動させる機能を有している。

【 0 0 2 5 】

具体的には、検査用ステージ 2 は、図 2 に示すように、Xステージ 3 と、この Xステージ 3 上に設置された Yステージ 4 と、この Yステージ 4 上に設置された θ ステージ 5 と、この θ ステージ 5 上に配置された Zステージ 6 と、この Zステージ 6 上に配置された吸着プレート 7 とを備える。

【 0 0 2 6 】

Xステージ 3 及び Yステージ 4 は、水平方向に移動するステージであり、Xステージ 3 と Yステージ 4 とで、互いに直交する方向に移動するようになされている。これら Xステージ 3 及び Yステージ 4 は、半導体ウェハ 1 0 0 の検査時には、制御用コンピュータ 2 0 による制御のもとで半導体ウェハ 1 0 0 を水平方向に移動操作して、検査箇所を所定の検査位置へと移動させる。

【 0 0 2 7 】

θ ステージ 5 は、いわゆる回転ステージであり、半導体ウェハ 1 0 0 を回転させるためのものである。この θ ステージ 5 は、半導体ウェハ 1 0 0 の検査時には、制御用コンピュータ 2 0 による制御のもとで半導体ウェハ 1 0 0 を面内方向に回転させ、検査箇所の画像が検査用モニタの画面に対して水平又は垂直となるようにする。

【 0 0 2 8 】

Zステージ 6 は、鉛直方向に移動するステージであり、半導体ウェハ 1 0 0 を高さ方向に移動させるためのものである。この Zステージ 6 は、例えば P Z T（

ジルコン酸チタン酸鉛)等を用いて構成されており、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の非常に微細な高さ調整を適切に行えるようになされている。このZステージ6は、半導体ウェハ100の検査時には、制御用コンピュータ20による制御のもとで半導体ウェハ100を高さ方向に移動操作して、検査箇所の高さ位置を高精度に調整する。

【0029】

吸着プレート7は、半導体ウェハ100を吸着して固定するためのものである。半導体ウェハ100の検査時には、検査対象物である半導体ウェハ100がこの吸着プレート7上に設置され、この吸着プレート7により吸着されて、固定されることになる。

【0030】

なお、以上のように構成される検査用ステージ2は、外部からの振動や当該検査用ステージ2を移動操作した際に発生する振動等を抑制するために、除振台の上に配置されることが望ましい。特に、検査装置1では、後述するように、紫外光を用いて高分解能での検査を行うため、僅かな振動でも検査の障害となる場合がある。このような振動の影響を抑制して適切な検査を行うためには、検査用ステージ2を、例えば、振動を検知してその振動を打ち消す方向に動作するアクティブ除振台等の上に配置することが非常に有効である。

【0031】

また、本発明を適用した検査装置1は、検査用ステージ2上に設置された半導体ウェハ100を照明するための照明光を出射する照明光源11を備えている。検査対象物の検査を光学的に行う検査装置では、その分解能が、検査対象物を照明する照明光の波長に依存し、照明光の波長が短波長になるほど高い分解能が得られることになる。そこで、この検査装置1では、紫外域の波長を有する光を出射する紫外光レーザ光源を照明光源11として用いるようにしている。具体的には、照明光源11は、例えば、YAGレーザの4倍波として得られる波長が 266nm の深紫外レーザを出射するように構成されている。

【0032】

この照明光源11の動作は、制御用コンピュータ20により制御されるように

なされており、半導体ウェハ 1 0 0 の検査時には、制御用コンピュータ 2 0 により光量制御された深紫外レーザが照明光として照明光源 1 1 から出射されることになる。この照明光源 1 1 から出射された照明光（以下、紫外照明光という。）は、例えば、紫外光用光ファイバ 1 2 を介して、検査用ステージ 2 の上方に配設された光学ユニット 1 3 に導かれることになる。

【 0 0 3 3 】

光学ユニット 1 3 は、図 3 に示すように、2 つのレンズ 1 4 , 1 5 より構成される照明光学系を備えており、照明光源 1 1 から出射され、紫外光用光ファイバ 1 2 によって光学ユニット 1 3 に導かれた紫外照明光は、先ず、この照明光学系に入射することになる。照明光学系を透過した紫外照明光の光路上には、ハーフミラー 1 6 が配設されており、このハーフミラー 1 6 により反射された紫外照明光が、紫外光用対物レンズ 1 7 に入射することになる。

【 0 0 3 4 】

紫外光用対物レンズ 1 7 は、紫外光に対して最適な結像特性を示すように設計されたレンズであり、検査用ステージ 2 上に設置された半導体ウェハ 1 0 0 と対向するように配設されている。この紫外光用対物レンズ 1 7 に入射した紫外照明光が、この紫外光用対物レンズ 1 7 を介して検査用ステージ 2 上に設置された半導体ウェハ 1 0 0 の検査箇所へ照射されることにより、半導体ウェハ 1 0 0 の検査箇所が照明されることになる。

【 0 0 3 5 】

紫外照明光により照明された半導体ウェハ 1 0 0 の検査箇所の画像は、紫外光用対物レンズ 1 7 により拡大されて、紫外光用 CCD カメラ 1 8 により撮像されることになる。すなわち、紫外照明光により照明された半導体ウェハ 1 0 0 の検査箇所からの反射光が、紫外光用対物レンズ 1 7、ハーフミラー 1 6 及び結像レンズ 1 9 を介して紫外光用 CCD カメラ 1 8 に入射し、これにより、半導体ウェハ 1 0 0 の検査箇所の拡大像が紫外光用 CCD カメラ 1 8 により撮像されることになる。

【 0 0 3 6 】

紫外光用 CCD カメラ 1 8 により撮像された半導体ウェハ 1 0 0 の検査箇所の

画像は、画像処理用コンピュータ 10 へと送られる。この検査装置 1 では、紫外光用 CCD カメラ 18 により撮像された半導体ウェハ 100 の検査箇所の画像を画像処理用コンピュータ 10 により処理し、解析することで、半導体ウェハ 100 に形成されたデバイスパターン等に生じた欠陥や、線幅異常等を検査するようにしている。

【 0 0 3 7 】

また、この検査装置 1 においては、光学ユニット 13 の紫外光用対物レンズ 17 と、検査用ステージ 2 上に設置された半導体ウェハ 100 との間の距離を測定するための距離センサ 8 が設けられている。この距離センサ 8 としては、例えば、静電容量型センサが用いられる。静電容量型センサは、検査対象物との間の静電容量を測定することにより、検査対象物に接触することなく、当該センサと検査対象物との間の距離を測定するものであり、当該センサと検査対象物との間の距離に応じた電圧値を出力する。

【 0 0 3 8 】

距離センサ 8 は、紫外光用対物レンズ 17 に対して、相対的な位置関係が固定されて設けられている。例えば、距離センサ 8 は、図 4 に示すように、紫外光用対物レンズ 17 に隣接し、その先端部の高さ位置 P1 が、紫外光用対物レンズ 17 の半導体ウェハ 100 に対向する面の高さ位置 P2 と一致するように、光学ユニット 13 に取り付けられている。そして、距離センサ 8 と紫外光用対物レンズ 17 との間の水平方向における距離 L1 は、例えば 2.5 cm 程度とされる。

【 0 0 3 9 】

検査装置 1 では、この距離センサ 8 からの出力に基づいて、紫外光用対物レンズ 17 と半導体ウェハ 100 との間の距離を求め、紫外光用対物レンズ 17 の自動焦点合わせを行うようにしている。なお、この距離センサ 8 を用いた紫外光用対物レンズ 17 の自動焦点合わせについては、詳細を後述する。

【 0 0 4 0 】

この検査装置 1 において、距離センサ 8 からの出力は、制御用コンピュータ 20 に供給されるようになされている。制御用コンピュータ 20 は、検査装置 1 の各部の動作を制御するためのものであり、図 5 に示すように、CPU (Central

Processing Unit) 21を備えている。このCPU21には、バス22を介してメモリ23が接続されており、CPU21は、このメモリ23をワークエリアとして利用して、検査装置1の各部の動作を制御するための処理を行う。

【0041】

具体的には、CPU21は、例えば、ユーザインターフェース24を介して入力されるユーザからの指示や距離センサ8からの出力、メモリ25に格納された情報等に基づいて、検査用ステージ2を駆動制御するための制御信号を生成し、この制御信号を検査用ステージ駆動ドライバ26に供給する。また、CPU21は、照明光源11を駆動制御するための制御信号を生成し、この制御信号を照明光源駆動ドライバ27に供給する。

【0042】

検査用ステージ駆動ドライバ26は、CPU21から供給される制御信号に基づいて、検査用ステージ2の動作を制御する。これにより、検査用ステージ2上に設置された半導体ウェハ100の検査箇所が所定の検査位置へと位置決めされることになる。また、検査用ステージ2上に設置された半導体ウェハ100と光学ユニット13の紫外光用対物レンズ17との間の距離が調整され、紫外光用対物レンズ17の自動焦点合わせが行われることになる。

【0043】

照明光源駆動ドライバ27は、CPU21から供給される制御信号に基づいて、照明光源11を駆動制御する。これにより、照明光源11から、光量制御された紫外照明光が出射されることになる。

【0044】

ここで、以上のように構成される検査装置1により、半導体ウェハ100に形成されたデバイスパターンの検査を行う処理の流れについて、図6に示すフローチャートを参照して説明する。なお、ここでは、半導体ウェハ100上に同様のデバイスパターンが多数形成されているものとし、欠陥の検出や分類分けは、欠陥がある領域の画像（以下、欠陥画像という。）と、欠陥のない他の領域の画像（以下、参照画像という。）とをそれぞれ撮像し、それらを比較することで行うものとする。

【 0 0 4 5 】

検査装置 1 により半導体ウェハ 1 0 0 に形成されたデバイスパターンの検査を行う際は、先ず、ステップ S 1 において、半導体ウェハ 1 0 0 が検査用ステージ 2 上に設置される。

【 0 0 4 6 】

次に、ステップ S 2 において、制御用コンピュータ 2 0 による制御のもとで、検査用ステージ 2 の X ステージ 3 及び Y ステージ 4 が駆動され、半導体ウェハ 1 0 0 上の欠陥がある領域（以下、欠陥領域という。）が、検査装置 1 の所定の検査位置へと位置決めされる。また、制御用コンピュータ 2 0 による制御のもとで、検査用ステージ 2 の Z ステージ 6 が駆動され、半導体ウェハ 1 0 0 の欠陥領域に対する紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせが行われる。なお、この欠陥領域の位置決めと紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせの処理内容については、詳細を後述する。

【 0 0 4 7 】

次に、ステップ S 3 において、制御用コンピュータ 2 0 による制御のもとで照明光源 1 1 が駆動され、照明光源 1 1 から紫外照明光が出射される。照明光源 1 1 から出射された紫外照明光は、紫外光用光ファイバ 1 2 を介して光学ユニット 1 3 に導かれ、半導体ウェハ 1 0 0 上の欠陥領域に照射される。そして、紫外照明光により照明された欠陥領域の画像（欠陥画像）が、紫外光用 CCD カメラ 1 8 により撮像される。紫外光用 CCD カメラ 1 8 により撮像された欠陥画像は、画像処理用コンピュータ 1 0 へと送られる。

【 0 0 4 8 】

次に、ステップ S 4 において、制御用コンピュータ 2 0 による制御のもとで、検査用ステージ 2 の X ステージ 3 及び Y ステージ 4 が駆動され、半導体ウェハ 1 0 0 上の欠陥がない他の領域（以下、参照領域という。）が、検査装置 1 の所定の検査位置へと位置決めされる。また、制御用コンピュータ 2 0 による制御のもとで、検査用ステージ 2 の Z ステージ 6 が駆動され、半導体ウェハ 1 0 0 の参照領域に対する紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせが行われる。なお、この参照領域の位置決めと紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせの処理内容は、

上述したステップ S 2 の処理内容と同様である。

【 0 0 4 9 】

次に、ステップ S 5 において、制御用コンピュータ 2 0 による制御のもとで照明光源 1 1 が駆動され、照明光源 1 1 から紫外照明光が出射される。照明光源 1 1 から出射された紫外照明光は、紫外光用光ファイバ 1 2 を介して光学ユニット 1 3 に導かれ、半導体ウェハ 1 0 0 上の参照領域に照射される。そして、紫外照明光により照明された参照領域の画像（参照画像）が、紫外光用 CCD カメラ 1 8 により撮像される。紫外光用 CCD カメラ 1 8 により撮像された参照画像は、画像処理用コンピュータ 1 0 へと送られる。

【 0 0 5 0 】

次に、ステップ S 6 において、画像処理用コンピュータ 1 0 により、ステップ S 3 において取り込んだ欠陥画像と、ステップ S 5 において取り込んだ参照画像とが比較され、欠陥画像から欠陥を検出する処理が行われる。このステップ S 6 において、欠陥画像から欠陥を検出できた場合はステップ S 7 に進み、欠陥が検出できない場合はステップ S 8 に進む。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 7 においては、画像処理用コンピュータ 1 0 により、ステップ S 6 において検出された欠陥が何であることを調べて分類分けする処理が行われる。このステップ S 7 において、欠陥の分類分けができた場合はステップ S 9 に進み、欠陥の分類分けできない場合はステップ S 8 に進む。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 9 においては、欠陥の分類結果が保存され、半導体ウェハ 1 0 0 に形成されたデバイスパターンの欠陥の検査が終了する。ここで、欠陥の分類結果は、例えば、画像処理用コンピュータ 1 0 に接続された記憶装置に格納される。また、画像処理用コンピュータ 1 0 にネットワークを介して接続された他のコンピュータに欠陥の分類結果を転送するようにしてもよい。

【 0 0 5 3 】

一方、ステップ S 8 においては、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報が保存され、半導体ウェハ 1 0 0 に形成されたデバイスパターンの欠陥の検査

が終了する。ここで、欠陥の分類分けができなかったことを示す情報は、例えば、画像処理用コンピュータ 10 に接続された記憶装置に格納される。また、画像処理用コンピュータ 10 にネットワークを介して接続された他のコンピュータに欠陥の分類分けができなかったことを示す情報を転送するようにしてもよい。

【 0 0 5 4 】

ここで、上述したステップ S 2 における欠陥領域の検査位置への位置決めや紫外光用対物レンズ 17 の自動焦点合わせの処理について更に詳細に説明する。なお、上述したステップ S 4 においても、以下に説明する処理と同様の処理が行われる。

【 0 0 5 5 】

欠陥領域の検査位置への位置決めや紫外光用対物レンズ 17 の自動焦点合わせを行う際は、先ず、制御用コンピュータ 20 に欠陥位置座標情報が読み込まれる。ここで、欠陥位置座標情報は、半導体ウェハ 100 上における欠陥の位置座標を示す情報であり、他の装置によって予め半導体ウェハ 100 の欠陥が計測されることで作成されるものである。そして、この欠陥位置座標情報は、ユーザ若しくは生産設備全体を管理する上位のコンピュータ等から検査装置 1 の制御用コンピュータ 20 に供給され、制御用コンピュータ 20 のメモリ 25 に格納される。

【 0 0 5 6 】

具体的には、欠陥位置座標情報は、半導体ウェハ 100 上に形成されたパターンのダイサイズを基準とした座標で記述されており、例えば、図 7 に示すように、半導体ウェハ 100 の中でのダイの位置座標 (X__die, Y__die) と、当該ダイの原点を基準とした欠陥の位置座標 (X, Y) とにより表されている。

【 0 0 5 7 】

なお、ここで示す例では、半導体ウェハ 100 に形成されたデバイスパターンの欠陥を検査するようにしているため、欠陥の位置座標を示す欠陥位置座標情報が制御用コンピュータ 20 に読み込まれるが、例えば、露光装置の性能を評価するために露光パターンの線幅等を測長する場合には、欠陥位置座標情報に変えて、測長する露光パターンの位置座標を示す測長位置座標情報が制御用コンピュータ 20 に読み込まれることになる。この測長位置座標情報も、欠陥位置座標情報

と同様に、例えば、半導体ウェハ 1 0 0 上に形成されたパターンのダイサイズを基準とした座標で記述される。

【 0 0 5 8 】

制御用コンピュータ 2 0 に欠陥位置座標情報が読み込まれると、次に、制御用コンピュータ 2 0 の CPU 2 1 が、メモリ 2 5 に格納された欠陥位置座標情報に基づいて検査用ステージ 2 を駆動制御するための制御信号を生成し、この制御信号を検査用ステージ駆動ドライバ 2 6 に供給する。そして、検査用ステージ駆動ドライバ 2 6 がこの制御信号に応じて検査用ステージ 2 の X ステージ 3 及び Y ステージ 4 を駆動することにより、欠陥領域が距離センサ 8 の測定領域（以下、距離センサ 8 の測定視野という。）内に入るように、半導体ウェハ 1 0 0 が水平方向に移動操作される。

【 0 0 5 9 】

欠陥領域が距離センサ 8 の測定視野内に入ったら、次に、制御用コンピュータ 2 0 が、距離センサ 8 からの出力に基づいて、検査用ステージ 2 を駆動制御するための制御信号を生成し、この制御信号を検査用ステージ駆動ドライバ 2 6 に供給する。そして、検査用ステージ駆動ドライバ 2 6 がこの制御信号に応じて検査用ステージ 2 の Z ステージ 6 を駆動することにより、欠陥領域と距離センサ 8 との間の距離がある規定距離となるような高さ制御が行われる。

【 0 0 6 0 】

ここで、規定距離を設定するにあたっては、距離センサ 8 からの出力値のドリフトを補正するための補正值 C 3 が加算される。すなわち、距離センサ 8 として、上述したような静電容量型センサを用いた場合には、この静電容量型センサからの出力値が、外気温度の変化等の環境変化に伴ってドリフトすることになる。したがって、検査装置 1 内で温度変化が生じた場合には、距離センサ 8 からの出力値に誤差が生じてしまい、この距離センサ 8 からの出力値の誤差は、時間の経過とともに次第に大きな誤差となってしまう。そこで、上記規定距離を設定するにあたっては、距離センサ 8 からの出力に応じて求められる見かけの目標距離に補正值 C 3 を加算した値を規定距離として設定し、距離センサ 8 からの出力値のドリフトを補正するようにしている。

【 0 0 6 1 】

欠陥領域と距離センサ 8 との間の距離がある規定距離となるような高さ制御が行われると、次に、検査用ステージ駆動ドライバ 2 6 により検査用ステージ 2 の X ステージ 3 及び Y ステージ 4 が再度駆動され、欠陥領域と距離センサ 8 との間の距離が上記規定距離に保たれた状態で、欠陥領域が紫外光用対物レンズ 1 7 の視野内に入るように、半導体ウェハ 1 0 0 が水平方向に移動操作される。

【 0 0 6 2 】

欠陥領域が紫外光用対物レンズ 1 7 の視野内に入ったら、次に、制御用コンピュータ 2 0 の CPU 2 1 が、ダイの原点を基準とした欠陥の位置座標 (X, Y) をパラメータとして、ダイ内の段差による影響を補正するための補正值 C 2 を算出する。また、制御用コンピュータ 2 0 の CPU 2 1 は、メモリ 2 5 に格納された補正值テーブルから検査用ステージ 2 の傾斜等による影響を補正するための補正值 C 1 を算出する。ここで、補正值テーブルは、検査用ステージ 2 の傾斜等の情報を X Y 座標に対応させて予め作成しておき、メモリ 2 5 に格納したものである。

【 0 0 6 3 】

そして、CPU 2 1 は、これら補正值 C 2 及び補正值 C 1 に応じた制御信号を生成し、検査用ステージ駆動ドライバ 2 6 に供給する。そして、検査用ステージ駆動ドライバ 2 6 がこの制御信号に応じて検査用ステージ 2 の Z ステージ 6 を再度駆動することにより、欠陥領域と紫外光用対物レンズ 1 7 との間の距離が調整され、紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせが行われる。

【 0 0 6 4 】

ここで、補正值 C 2 は、検査対象となるダイ内に凸パターンや凹パターンが形成されて、紫外光用対物レンズ 1 7 の焦点深度を超えるような大きな段差が生じている場合に、この段差による影響を補正するための補正值である。すなわち、検査対象となるダイの中には、例えば、「DRAM混載Logic LSI」のように、凸パターンや凹パターンが形成されているものがある。この「DRAM混載Logic LSI」においては、DRAM部分がLogic部分よりも凸となっており、これらの間の段差が紫外光用対物レンズ 1 7 の焦点深度を大きく超えている場合がある。こ

ここで、距離センサ 8 の測定視野内に段差部分が含まれると、距離センサ 8 からの出力に応じて求められる見かけの目標距離が、段差部分の影響を受けて、実際の目標距離から大きくずれて紫外光用対物レンズ 1 7 の焦点ずれが発生することになる。そこで、紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせを行う際には、検査対象となるダイ内の各位置における高さに応じた補正值 C 2 を算出し、欠陥領域と紫外光用対物レンズ 1 7 との間の距離をこの補正值 C 2 に基づいて調整して、ダイ内における段差による影響を補正するようにしている。

【 0 0 6 5 】

また、補正值 C 1 は、距離センサ 8 と紫外光用対物レンズ 1 7 とが離れた位置にあることに起因する検査用ステージ 2 の傾斜等による影響を補正するための補正值である。すなわち、距離センサ 8 は、上述したように紫外光用対物レンズ 1 7 から例えば 2. 5 c m 程度水平方向に離れた位置に配設されるので、検査用ステージ 2 の X ステージ 3 や Y ステージ 4 を駆動する際に傾きや歪みが生じると、欠陥領域と距離センサ 8 との間の距離と、欠陥領域と紫外光用対物レンズ 1 7 との間の距離とが一致なくなり、また、そのずれ量も X ステージ 3 や Y ステージ 4 の移動量に応じて異なったものとなる。これにより、紫外光用対物レンズ 1 7 の焦点ずれが発生する場合がある。そこで、紫外光用対物レンズ 1 7 の焦点合わせを行う際には、検査用ステージ 2 の傾斜等の情報を X Y 座標に対応させて作成した補正テーブルをもとに補正值 C 1 を算出し、欠陥領域と紫外光用対物レンズ 1 7 との間の距離をこの補正值 C 1 に基づいて調整して、距離センサ 8 と紫外光用対物レンズ 1 7 とが離れた位置にあることに起因する検査用ステージ 2 の傾斜等による影響を補正するようにしている。

【 0 0 6 6 】

以上のように、欠陥領域と紫外光用対物レンズ 1 7 との間の距離が調整され、紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせが行われると、紫外光用対物レンズ 1 7 の焦点が合った状態で、欠陥画像が紫外光用 C C D カメラ 1 8 により撮像される。そして、この欠陥画像が画像処理用コンピュータ 1 0 に送られて、画像処理用コンピュータ 1 0 により欠陥の検出や分類等の処理が適切に行われることになる。

【 0 0 6 7 】

ところで、上述したダイ内の段差による影響を補正するための補正值C2を算出するにあたっては、ダイ内における各座標に対応する補正值C2を直接記述した補正データファイルを作成して、例えば制御用コンピュータ20のメモリ25等に格納しておき、必要に応じてこの補正データファイルから読み出すようにすることが考えられる。この場合、「DRAM混載Logic LSI」においては、DRAM部分とLogic部分とで高さが1 μ m程度非連続的に異なるので、補正データファイルもこの局所的な高さの変化を反映して、段差部分で非連続的に変化するようなデータファイルとなる。

【 0 0 6 8 】

ここで、有限個のデータから任意の場所での補正值C2を求めるには、1次補間やスプライン補間等によって補正值C2を算出する必要があるが、上述したような非連続点が存在する場合には、正確な補間を行って正しい補正值C2を算出するには、多数のデータを予め用意しておく必要がある。例えば、紫外光用対物レンズ17の視野サイズが約50 μ m \times 50 μ mの場合、この視野サイズ程度の分解能で10mm \times 10mm程度の大きさのダイについて正確な補正值C2を算出するためには、補正データファイルとして1つのダイ当たり200 \times 200=40000個のデータが必要となる。

【 0 0 6 9 】

しかしながら、このような膨大な量のデータを補正データファイルとして予め用意しておくことは実質的に困難であり、また、このような補正值C2の算出の仕方では、デバイスパターンのデザインの変更に對して柔軟に対応することができないという問題がある。

【 0 0 7 0 】

そこで、本発明では、ダイ内のパターン形状を記述した最小限のデータをもとに補正值C2を正確に算出できるようにし、膨大な量のデータを用意する必要がなく、また、デザインの変更に對して柔軟に対応可能としながら、ダイ内における段差による影響を適切に補正して、紫外光用対物レンズ17の自動焦点合わせを正確に行えるようにしている。

【 0 0 7 1 】

以下、このダイ内の段差による影響を補正するための補正值 C_2 を算出する方法について、具体的に説明する。

【 0 0 7 2 】

本発明では、検査対象物である半導体ウェハ 100 に形成された各ダイが有する凸パターンや凹パターンの現実の形状と、距離センサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの形状（偽の形状）との差分を算出し、その差分を補正值 C_2 として算出するようにしている。これにより、空間分解能において限界のある距離センサ 8 を用いて、高い空間分解能でダイ内の欠陥領域との間の距離を測定し、紫外光用対物レンズ 17 の自動焦点合わせを正確に行うことが可能となる。ここで、空間分解能とは、どれほど離れた領域の距離を分離して測定できるかを表す能力であり、空間分解能が高い距離センサは、例えば、紫外光用対物レンズ 17 の視野サイズ程度の極めて狭い領域毎に距離の測定が可能である。ここでは、紫外光用対物レンズ 17 の視野サイズが約 $50 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ であるのに対して、距離センサ 8 が直径約 3 mm の領域を測定領域（測定視野）とし、空間分解能に限界がある状態でダイ内の検査箇所との間の距離を測定する場合を例に説明する。

【 0 0 7 3 】

本発明により補正值 C_2 を算出するにあたっては、以下の手順で処理を行う。すなわち、手順 1 として、ダイが有する凸パターンや凹パターンの形状（凸パターンや凹パターンの外径形状及び段差高さ）を表す関数 $f(x, y)$ を用意する。ここで、凸パターンや凹パターンの外径形状とは、これらのパターンを平面視したときに認識されるパターン形状をいう。また、手順 2 として、距離センサ 8 の感度の空間分布を表す関数 $g(X, Y)$ を用意する。そして、手順 3 として、 $f(x, y)$ と $g(X, Y)$ との積を、 $g(X, Y)$ の定義領域で積分することにより、距離センサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの偽の形状 $h(x, y)$ を算出する。この処理は、畳み込み積分又はコンボリューションと呼ばれるものである。次に、手順 4 として、 $f(x, y)$ と $h(x, y)$ との差分から、ダイ内の段差による影響を補正するための補正值 C_2 を算出する。以上の手順で補正值 C_2 を算出することにより、最小限のデータをもとに補正值 C_2 を正確に算

出することが可能となる。以下、各手順について、具体的な例を挙げて詳細に説明する。

【0074】

手順1

先ず、ダイが有する凸パターンや凹パターンの形状を表す関数 $f(x, y)$ について説明する。この関数 $f(x, y)$ を得るために、凸パターンや凹パターンの形状を定義したデータファイルを予め作成し、例えば、上述した制御用コンピュータ20のメモリ25に格納しておく。このデータファイルでは、例えば、 $X1, Y1, X2, Y2$ が1つの単位とされ、座標 $(X1, Y1)$ で表される点と座標 $(X2, Y2)$ で表される点とを結ぶ線を対角線とした矩形領域が凸パターンや凹パターンの外径形状として定義される。そして、この凸パターンや凹パターンとその周囲の領域との間の段差が h として記述され、凸パターンや凹パターンが周囲の領域よりも h だけ高い或いは h だけ低いと定義される。各座標は、凸パターンや凹パターンが形成されたダイのある一角を原点 $(0, 0)$ とする座標系で記述されている。なお、これらの座標系で定義される示される各凸パターンや凹パターンは、互いに重なり合わないものとする。

【0075】

具体的には、例えば図8に示すような「DRAM混載Logic LSI」について、凸パターンであるDRAM部分の形状を定義したデータファイルは、図9に示すような書式で記述され、制御用コンピュータ20のメモリ25に格納される。なお、図8に示す「DRAM混載Logic LSI」において、DRAM部分は斜線で示した領域であり、このDRAM部分はLogic部分よりも $1\mu m$ 程度高くなっているものとする。また、各座標の単位は「 μm 」である。

【0076】

このようなデータファイルをもとに、 (x, y) が凸パターンや凹パターンの外径形状を示す矩形領域の中にあるときは $f(x, y) = h$ となり、 (x, y) がそれ以外の領域の中にあるときは $f(x, y) = 0$ となるように、関数 $f(x, y)$ を定義する。

【0077】

手順 2

次に、距離センサ 8 の感度の空間分布を表す関数 $g(X, Y)$ について説明する。この関数 $g(X, Y)$ は、距離センサ 8 のセンサ領域の中心、すなわち、距離センサ 8 として上述した静電容量センサを用いる場合は、この静電容量センサの半導体ウェハ 100 と対向する先端面の中心を原点 $(0, 0)$ とし、距離センサ 8 がセンサ領域の中心を原点とする (X, Y) 座標の各位置において距離測定にどの程度の感度を有するかを示す関数である。例えば、距離センサ 8 が半径 r のセンサ領域の全域において一様な感度を有するとした場合、 $g(X, Y)$ は下記式 1 のように定義される。

【0078】

【数 1】

$$\begin{aligned} g(X, Y) &= \frac{1}{\pi r^2}, (X^2 + Y^2 \leq r^2) \\ &= 0, (X^2 + Y^2 \geq r^2) \end{aligned} \quad \dots (1)$$

【0079】

ここで、 $g(X, Y)$ は、距離センサ 8 のセンサ領域の全領域にて積分すると、 $g(X, Y) dX dY = 1$ となるように規格化されている。この式 1 にて定義される $g(X, Y)$ により表される距離センサ 8 の感度の空間分布を図形化すると、図 10 に示すような形状となる。

【0080】

また、距離センサ 8 の感度がセンサ領域内において一様ではない場合には、その感度の空間分布に対応した適当な関数を用意する必要がある。ただし、この場合においても、 $g(X, Y)$ を距離センサ 8 のセンサ領域の全領域にて積分した値が 1 となるように、適当な規格化定数を設定する必要がある。

【0081】

距離センサ 8 として上述した静電容量センサを用いる場合には、距離センサ 8 がセンサ領域の全域において一様な感度を有することはありません、実際には、センサ領域のエッジ部分における滲み出し効果により、センサ領域内においてなだ

らかに変化する感度分布を有している。このような現実の距離センサ 8 の感度分布をシュミレートするためには、距離センサ 8 の感度の空間分布を表す関数 $g(X, Y)$ は下記式 2 のように設定される。

【0082】

【数 2】

$$g(X, Y) = \frac{A}{1 + a \left(\frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{b} \right)^c} \quad \dots (2)$$

【0083】

この式 2 において、 a 、 b 、 c はセンサ領域のサイズやセンサ領域のエッジ付近における感度変化の急峻さ等を表すパラメータであり、現実の距離センサ 8 の感度分布に近くなるように設定される。また、式 2 において、 A は規格化のための定数である。この式 2 にて定義される $g(X, Y)$ により表される距離センサ 8 の感度の空間分布を図形化すると、図 11 に示すような形状となる。

【0084】

以上のようにして設定される距離センサ 8 の感度の空間分布を表す関数 $g(X, Y)$ は、例えば、上述した制御用コンピュータ 20 のメモリ 25 に格納される。

【0085】

手順 3

次に、距離センサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの偽の形状 $h(x, y)$ について説明する。この距離センサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの偽の形状 $h(x, y)$ は、例えば制御用コンピュータ 20 の CPU 21 によって、手順 1 において得られた凸パターンや凹パターンの形状を表す関数 $f(x, y)$ と、手順 2 において得られた距離センサ 8 の感度の空間分布を表す関数 $g(X, Y)$ とのコンボリューションが算出されることで求められる。

【0086】

すなわち、距離センサ 8 の空間分解能が十分に高い場合には、距離センサ 8 は

半導体ウェハ 1 0 0 の各ダイに形成された凸パターンや凹パターンの段差を忠実に反映した値を出力することになるが、実際には距離センサ 8 の空間分解能には限界があり、距離センサ 8 からの出力は、当該距離センサ 8 のセンサ領域を仮想的に微小領域に区切って、その各領域におけるダイとの間の距離に当該距離センサ 8 の感度をかけ算し、さらにそれらの平均をとった値となる。このような一連の演算処理はコンボリユーションに他ならない。

【 0 0 8 7 】

凸パターンや凹パターンの形状を表す関数 $f(x, y)$ と、距離センサ 8 の感度の空間分布を表す関数 $g(X, Y)$ とのコンボリユーションによって算出される凸パターンや凹パターンの偽の形状、すなわち、距離センサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの形状 $h(x, y)$ は、下記式 3 のような積分のかたちで表される。

【 0 0 8 8 】

【数 3】

$$h(x, y) = \iint_{\text{センサ領域}} f(x+X, y+Y) g(X, Y) dX dY \quad \dots (3)$$

【 0 0 8 9 】

また、距離センサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの偽の形状 $h(x, y)$ は、制御用コンピュータ 2 0 の CPU 2 1 による演算処理で容易に算出できるように、距離センサ 8 のセンサ領域を間隔 d の微小領域に区分して、それぞれの領域について $f(x+X, y+Y) g(X, Y)$ を算出し、これらの総和で表すようにしてもよい。この場合、 $h(x, y)$ は、下記式 4 のように表される。

【 0 0 9 0 】

【数 4】

$$h(x, y) = \frac{1}{d^2} \sum_m \sum_n f(x + md, y + nd) g(md, nd) \dots (4)$$

【0 0 9 1】

以上のように算出された距離センサ 8 が認識する偽の形状は、例えば、現実の凸パターンの形状が図 1 2 に示すような形状である場合、図 1 3 に示すように、凸パターンに対応した部分においてなだらかな凸となるような形状となる。ここで、図 1 2 に示す現実の凸パターンの形状と、図 1 3 に示す距離センサ 8 が認識する凸パターンの偽の形状との関係は、図 1 4 に示すような関係である。

【0 0 9 2】

手順 4

次に、ダイ内の目標とする座標 (x, y) における f (x, y) と h (x, y) とから、ダイ内の段差による影響を補正するための補正值 C 2 を算出する方法について説明する。

【0 0 9 3】

補正值 C 2 は、下記式 5 に示すように、f (x, y) と h (x, y) との差分から求められる。

【0 0 9 4】

【数 5】

$$C2 = A h(x, y) - f(x, y) + B \dots (5)$$

【0 0 9 5】

この式 5 において、係数 A は、上述した手順 2 において求めた距離センサ 8 の感度の空間分布を表す関数 g (X, Y) が、現実の距離センサ 8 の感度の空間分布からずれていた場合に、このずれを補正するためのものである。

【 0 0 9 6 】

すなわち、距離センサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの偽の形状 $h(x, y)$ は、上述したように、制御用コンピュータ 20 の CPU 21 により、 $f(x, y)$ と $g(X, Y)$ とのコンボリューションが算出されることで求められるが、このような演算処理により求められた距離センサ 8 が認識する偽の形状 $h(x, y)$ は、図 15 に示すように、実測により求められた距離センサ 8 が認識する偽の形状と異なっている場合がある。このように、演算処理により求められた距離センサ 8 が認識する偽の形状 $h(x, y)$ が、実測により求められた距離センサ 8 が認識する偽の形状と異なるのは、主に、距離センサ 8 の感度の空間分布を表す関数 $g(X, Y)$ が、現実の距離センサ 8 の感度の空間分布からずれていることに起因するものである。そこで、演算処理により求められた距離センサ 8 が認識する偽の形状 $h(x, y)$ に係数 A をかけることで、このようなずれを補正するようにしている。多くの場合、このようなずれはさほど大きくないので、係数 A は 1 に近い数となる。

【 0 0 9 7 】

また、上記式 5 において、 B は、図 15 に示すように、ある基準座標位置 (X_s, Y_s) における現実の凸パターンや凹パターンと、この基準座標位置 (X_s, Y_s) における距離センサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの高さ位置のずれを補正するためのものである。なお、図 15 においては、高さ h の凸パターンの中心位置を基準座標位置 (X_s, Y_s) としている。

【 0 0 9 8 】

紫外光用対物レンズ 17 の自動焦点合わせを行う場合には、下記式 6 に示すように、紫外光用対物レンズ 17 の性能によって決まる固定の目標値 T_i に、検査用ステージ 2 の傾斜等による影響を補正するための補正值 C_1 と、半導体ウェハ 100 のダイ内における段差による影響を補正するための補正值 C_2 と、距離センサ 8 からの出力値のドリフトを補正するための補正值 C_3 とが加算された値が、目標距離 T として設定される。

【 0 0 9 9 】

【数 6】

$$T = T_i + C_1 + C_2 + C_3 \quad \dots (6)$$

【0 1 0 0】

そして、紫外光用対物レンズ 1 7 と検査対象物である半導体ウェハ 1 0 0 との間の現実の距離と、目標距離 T との差分を移動目標値として求め、この移動目標値に応じて制御用コンピュータ 2 0 の制御により検査用ステージ 2 の Z ステージ 6 を駆動して、紫外光用対物レンズ 1 7 と半導体ウェハ 1 0 0 との間の距離を目標距離 T に一致させることで、紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせが行われることになる。

【0 1 0 1】

ここで、上記補正值 C_1 と補正值 C_2 とは、検査する位置に応じて決まる固定の補正值であるが、上記補正值 C_3 は、距離センサ 8 からの出力値のドリフトを補正するためのものであり、温度変化等の環境変化に応じて時々刻々と変化する可能性のある値である。したがって、この補正值 C_3 を正しく設定するためには、検査する位置に応じて決まる補正值 C_1 及び補正值 C_2 をキャンセルした状態で補正值 C_3 を設定する必要がある。そこで、ある基準座標位置 (X_s , Y_s) を定義し、その座標位置においては補正值 C_1 及び補正值 C_2 が常に 0 となるように、補正值 C_1 及び補正值 C_2 を予め定義しておく。そして、その基準座標位置 (X_s , Y_s) における目標距離 T を実測し、この目標距離 T と紫外光用対物レンズ 1 7 によって決まる固定の目標値 T_i との差分から、補正值 C_3 を算出するようにする。これにより、距離センサ 8 からの出力値のドリフト成分のみを抽出することができ、補正值 C_3 を正しく設定することが可能となる。

【0 1 0 2】

上記式 5 における B は、このような基準座標位置 (X_s , Y_s) における現実の凸パターンや凹パターンと、この基準座標位置 (X_s , Y_s) における距離セ

ンサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの高さ位置のずれを補正するためのものであり、下記式 7 で表される。

【0 1 0 3】

【数 7】

$$B = f(x_s, y_s) - A h(x_s, y_s) \quad \dots (7)$$

【0 1 0 4】

以上詳細に説明した手順 1 乃至手順 4 を経て、半導体ウェハ 1 0 0 のダイ内における段差による影響を補正するための補正值 C 2 を求めるようにすれば、ダイ内のパターン形状を記述した最小限のデータをもとに補正值 C 2 を正確に算出できるので、膨大な量のデータを用意する必要がなく、また、デザインの変更に対して柔軟に対応可能としながら、ダイ内における段差による影響を適切に補正して、紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせを正確に行うことが可能となる。

【0 1 0 5】

なお、以上は、半導体ウェハ 1 0 0 のダイに段差高さが一律な凸パターンや凹パターンが形成されていることを想定し、この段差による影響を補正するための補正值 C 2 を求める方法を例に挙げて説明したが、検査対象物となるものの中には、高さの異なる段差を有するものもあり、このような高さの異なる段差を有する検査対象物の検査を行う際には、上述した手順 1 において作成するデータファイルとして、図 9 に示した書式で記述されたデータファイルに変えて、図 1 6 に示すような書式で記述されるデータファイルを作成し、制御用コンピュータ 2 0 のメモリ 2 5 に格納しておくことが望ましい。

【0 1 0 6】

この図 1 6 に示すデータファイルでは、例えば、座標 (X 1 a, Y 1 a) で表される点と座標 (X 2 a, Y 2 a) で表される点とを結ぶ線を対角線とした矩形領域 [a] が、段差を形成する凸パターンや凹パターンの外径形状であることが

示され、この凸パターンや凹パターンとその周囲の領域との間の段差高さが h_a であることが示される。そして、このようなデータファイルをもとに、 (x, y) が $[a]$ で示される凸パターンや凹パターンの中にあるときに $f(x, y) = h_a$ となるように、関数 $f(x, y)$ を定義する。このようにすれば、上述した例と同様のシーケンスで、高さの異なる段差を有する検査対象物の検査を行う際にも、この段差による影響を補正するための補正值 C_2 を適切に算出することができる。

【0107】

また、「DRAM混載Logic LSI」においては、凸パターンであるDRAM部分が2乃至8程度のブロックにまとまって分布しているのが一般的である。この場合、各ブロック内の個々のDRAM部分の形状を表す関数の他に、ブロック単位での形状を表す関数を用意しておけば、上述した距離センサ8が認識する偽の形状 $h(x, y)$ を算出する際のコンボリューションの計算量を低減して、処理の迅速化を図ることが可能となる。

【0108】

すなわち、上述した手順4の補正值 C_2 の算出にあたっては、正確な補正值 C_2 を得るために、凸パターンや凹パターンの形状を表す関数 $f(x, y)$ は、できるだけ現実の形状を仔細に再現した関数であることが望ましいが、上述した手順3のコンボリューション計算は、多くの場合、大まかなブロック単位で計算を行えば足りるので、凸パターンや凹パターンの形状を表す関数 $f(x, y)$ は、ブロック単位での形状を表した大まかな関数でよい。そこで、「DRAM混載Logic LSI」のように凸パターンや凹パターンがいくつかのブロックにまとまって分布している場合には、凸パターンや凹パターンの形状を表す関数 $f(x, y)$ として、ブロック単位での形状を表した大まかな関数 $f_1(x, y)$ と、ブロック内の各凸パターンや凹パターンの形状を仔細に再現した関数 $f_2(x, y)$ とをそれぞれ用意しておき、上述した手順3では、下記式8に示すように、ブロック単位での形状を表した大まかな関数 $f_1(x, y)$ を用いてコンボリューション計算を行い、上述した手順4では、下記式9に示すように、ブロック内の各凸パターンや凹パターンの形状を仔細に再現した関数 $f_2(x, y)$ を用いて補正值 C

2 を算出することが望ましい。

【0 1 0 9】

【数 8】

$$h(x, y) = \frac{1}{d^2} \sum_m \sum_n f_1(x + md, y + nd) g(md, nd) \quad \dots (8)$$

【0 1 1 0】

【数 9】

$$C2 = A h(x, y) - f_2(x, y) + B \quad \dots (9)$$

【0 1 1 1】

以上のように、凸パターンや凹パターンがいくつかのブロックにまとまって分布している場合には、凸パターンや凹パターンの形状を表す関数 $f(x, y)$ を複数用意してこれらを使い分けることにより、計算量を低減させて処理の迅速化を図りながら、正確な補正值 $C2$ を算出することが可能となる。

【0 1 1 2】

また、以上は、凸パターンや凹パターンが「DRAM混載Logic LSI」のDRAM部分のような矩形パターンであることを想定し、これら凸パターンや凹パターンを代表する2点の座標データをデータファイルに記述して、これら2点を結ぶ線を対角線とした矩形領域を凸パターンや凹パターンの外径形状として定義したが、凸パターンや凹パターンの外径形状は、例えば、等間隔に区分けした2次元データの各要素をもって定義するようにしてもよい。このように凸パターンや凹パターンの外径形状を定義するようにすれば、データファイルのデータ量は増大するものの、矩形パターン以外の凸パターンや凹パターンに対しても適切に対応す

ることができる。

【 0 1 1 3 】

なお、以上は、本発明を適用した検査装置 1 の一例について具体的に説明したが、本発明を適用した検査装置 1 は、以上の例に限定されるものではなく、必要に応じて種々の変更が可能である。例えば、上述した検査装置 1 では、紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせを行う際に、検査用ステージ 2 の Z ステージ 6 を駆動することで、検査対象物である半導体ウェハ 1 0 0 を紫外光用対物レンズ 1 7 に対して近接離間する方向に移動させるようにしているが、紫外光用対物レンズ 1 7 をアクチュエータに支持させるようにして、紫外光用対物レンズ 1 7 を検査対象物である半導体ウェハ 1 0 0 に近接離間する方向に移動させることで、紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせを行うようにしてもよい。また、半導体ウェハ 1 0 0 と紫外光用対物レンズ 1 7 の双方を移動させて、両者の間の距離を調整することで紫外光用対物レンズ 1 7 の自動焦点合わせを行うようにしてもよい。

【 0 1 1 4 】

また、以上は、半導体ウェハ 1 0 0 上に形成されたデバイスパターンを検査する検査装置 1 に本発明を適用した例について説明したが、本発明は、以上の例に限定されるものではなく、距離センサを用いて対物レンズの焦点合わせを行うことが想定されるあらゆる装置に広く適用可能であり、例えば、液晶表示器の状態を検査する液晶検査装置等にも有効に適用することができる。

【 0 1 1 5 】

【発明の効果】

本発明によれば、現実の凸パターン或いは凹パターンの形状と距離センサが認識する凸パターン或いは凹パターンの形状とのずれ量が補正值として算出され、この補正值に応じて距離センサからの出力が補正されることで移動目標値が定められ、この移動目標値に応じて対物レンズと検査対象物との一方或いは双方が互いに近接離間する方向に移動操作されることで対物レンズの焦点合わせが行われるので、対物レンズの焦点深度を超えるような段差を有する検査対象物を検査する場合であっても、距離センサを用いて、対物レンズの焦点合わせを適切に行う

ことができる。また、本発明によれば、数値計算により補正値を算出するようにしているので、補正のために必要とされるデータ量を少なくし、また、検査対象物のデザインの変更等に柔軟に適應することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用した検査装置の概略構成を示す図である。

【図 2】

上記検査装置が備える検査用ステージを示す図である。

【図 3】

上記検査装置が備える光学ユニットを示す図である。

【図 4】

上記検査装置の距離センサが取り付けられた箇所の近傍を拡大して示す図である。

【図 5】

上記検査装置が備える制御用コンピュータの一構成例を示すブロック図である。

【図 6】

上記検査装置により半導体ウェハの検査を行う際の処理の流れを示すフローチャートである。

【図 7】

検査の際に読み込まれる欠陥位置座標情報を説明するための図である。

【図 8】

検査対象となるダイの様子を示す模式図である。

【図 9】

図 8 に示すダイに対応したデータファイルの一例を示す図である。

【図 10】

距離センサの感度分布を示す図であり、センサ領域の全域に亘り一様な感度を有する場合の感度分布を立体的に図示したものである。

【図 11】

距離センサの感度分布を示す図であり、センサ領域内において感度に変化がある場合の感度分布を立体的に図示したものである。

【図 1 2】

現実の凸パターンの一例を示す斜視図である。

【図 1 3】

図 1 2 に示す凸パターンに対して、距離センサが認識する偽の形状を示す斜視図である。

【図 1 4】

図 1 2 に示す現実の凸パターンの形状と図 1 3 に示す距離センサが認識する偽の形状との関係を示す側面図である。

【図 1 5】

補正值 C 2 を説明するための図である。

【図 1 6】

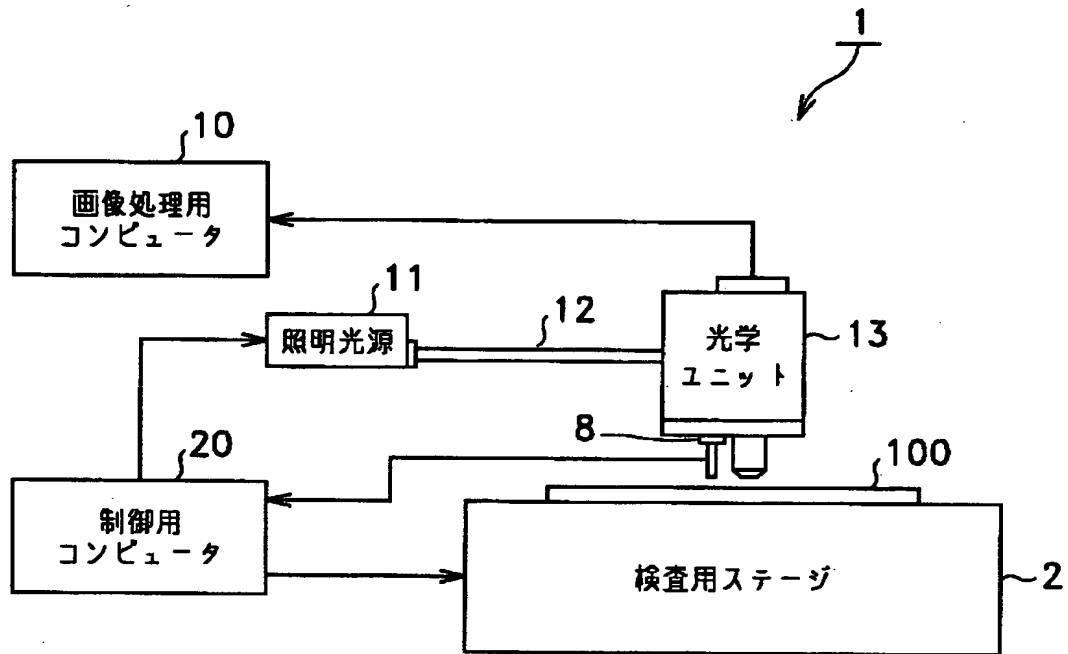
凸パターン或いは凹パターンの形状を記述したデータファイルの他の例を示す図である。

【符号の説明】

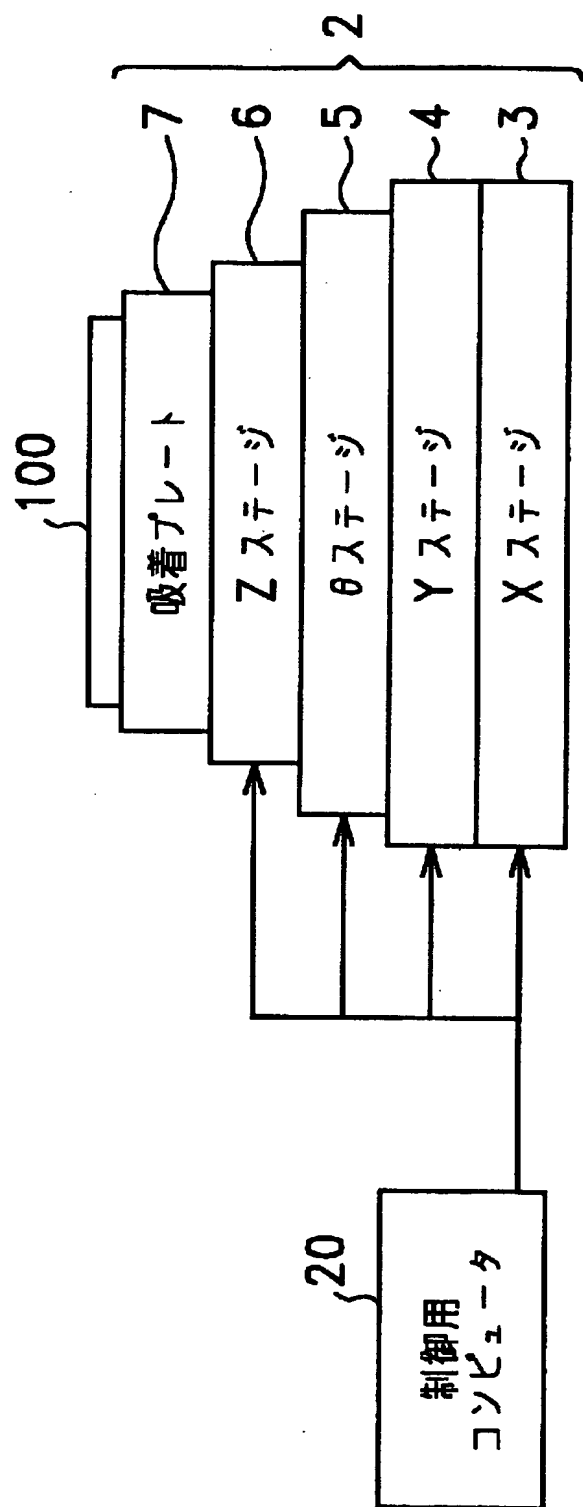
1 検査装置、 2 検査用ステージ、 6 Zステージ、 8 距離センサ、 10 画像処理用コンピュータ、 11 照明光源、 13 光学ユニット、 17 紫外光用対物レンズ、 18 紫外光用 CCD カメラ、 20 制御用コンピュータ、 21 CPU、 23 メモリ、 25 メモリ、 26 検査用ステージ駆動ドライバ

【書類名】 図面

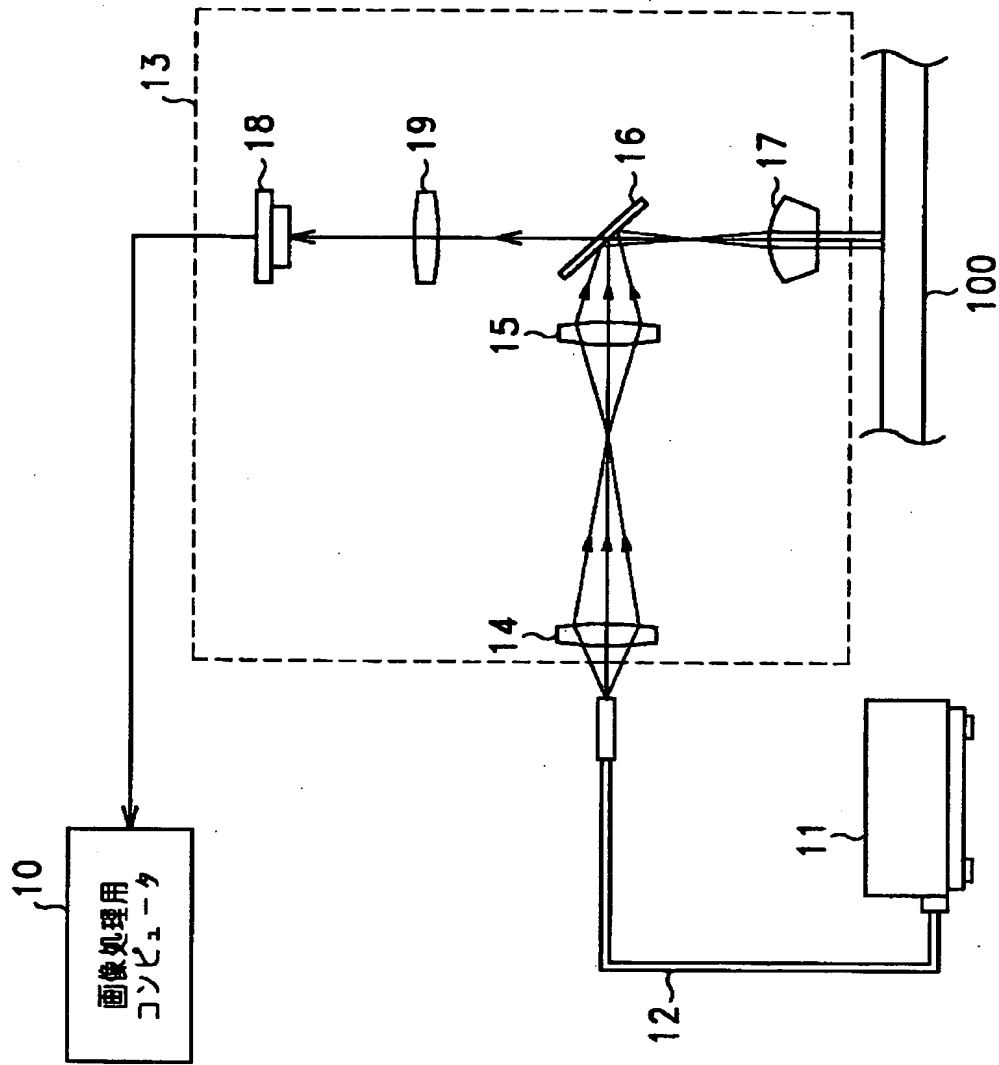
【図 1】



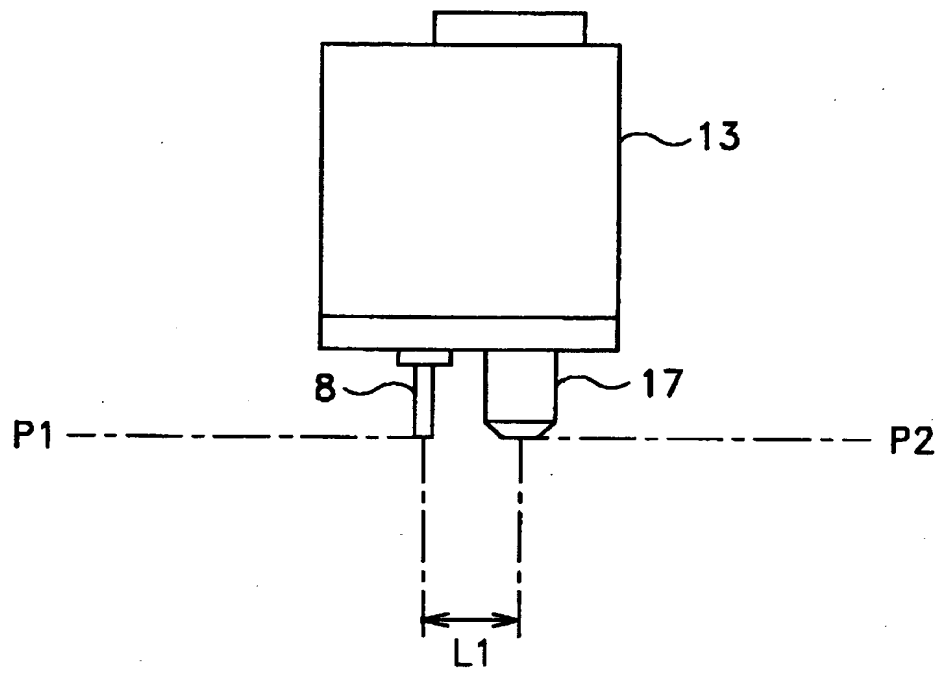
【図 2】



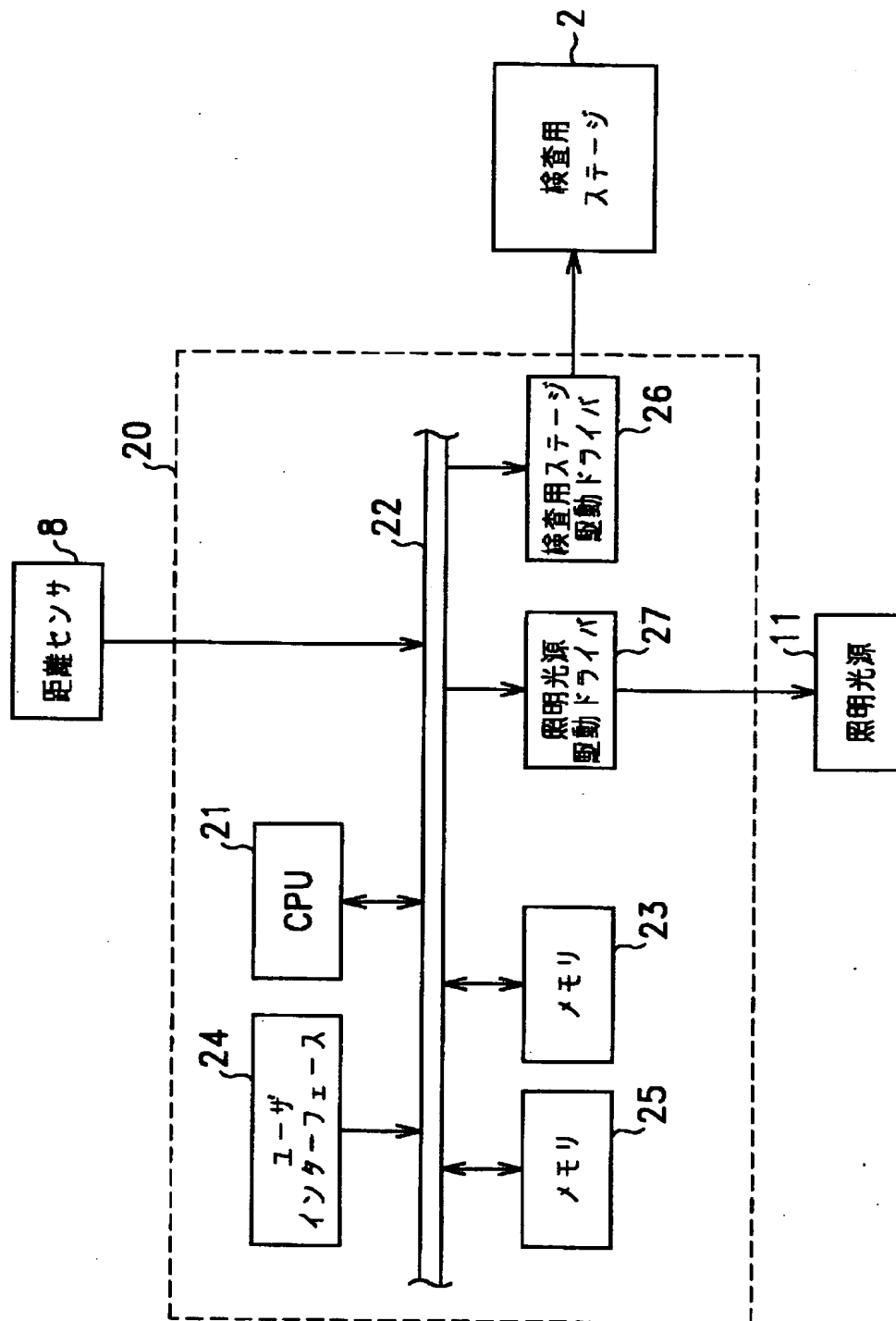
【図 3】



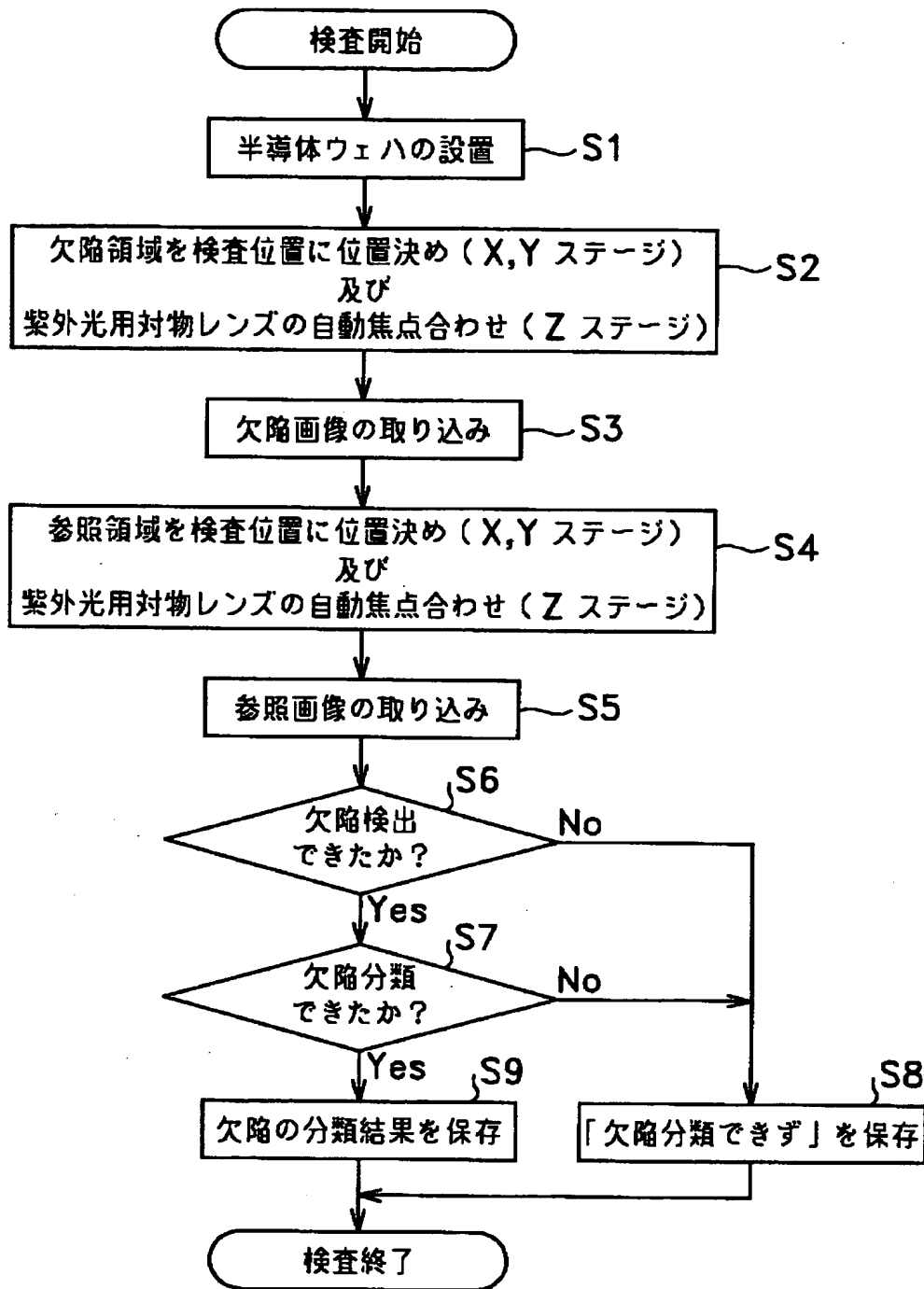
【図 4】



【図 5】



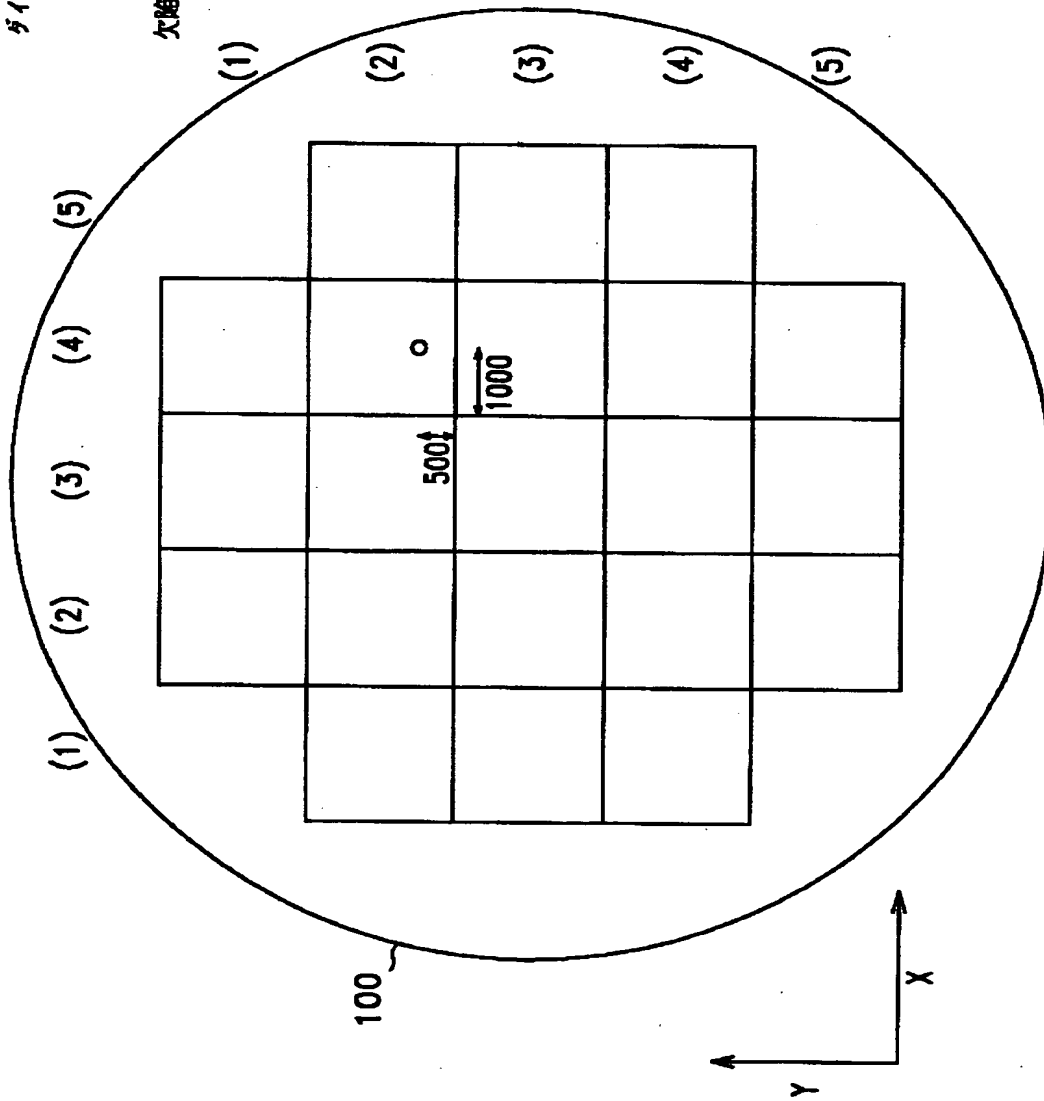
【図 6】



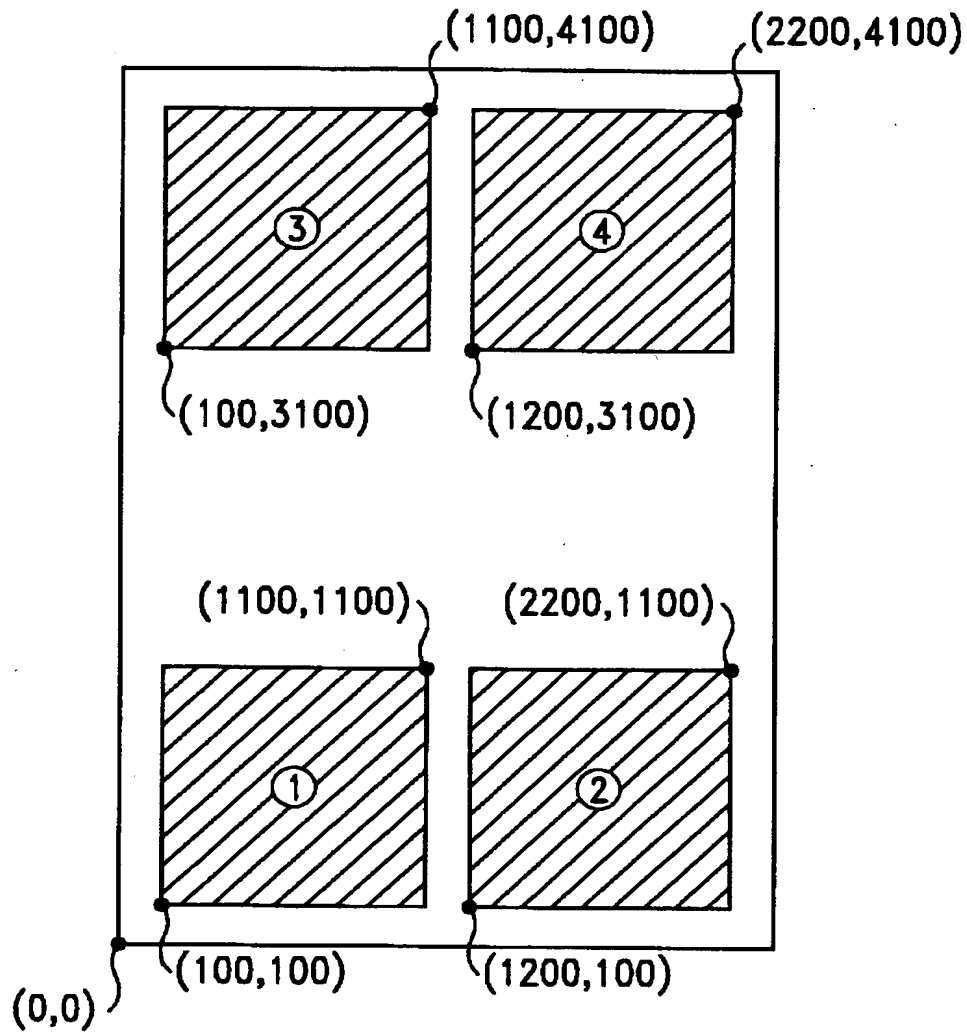
【図 7】

ダイの位置座標 : (X_die, Y_die)
 $= (4, 2)$

欠陥の位置座標 : (X, Y)
 $= (1000, 500)$



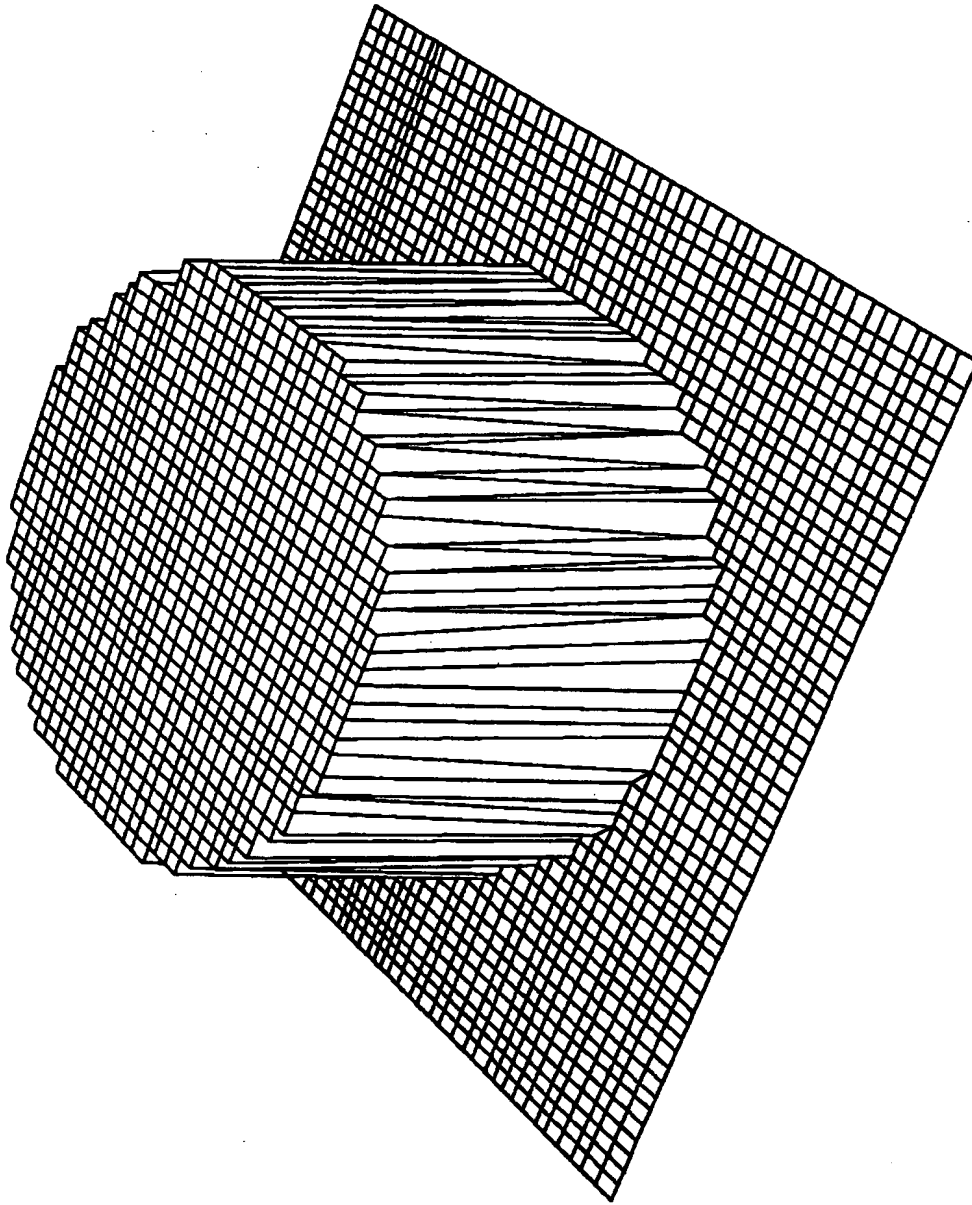
【図 8】



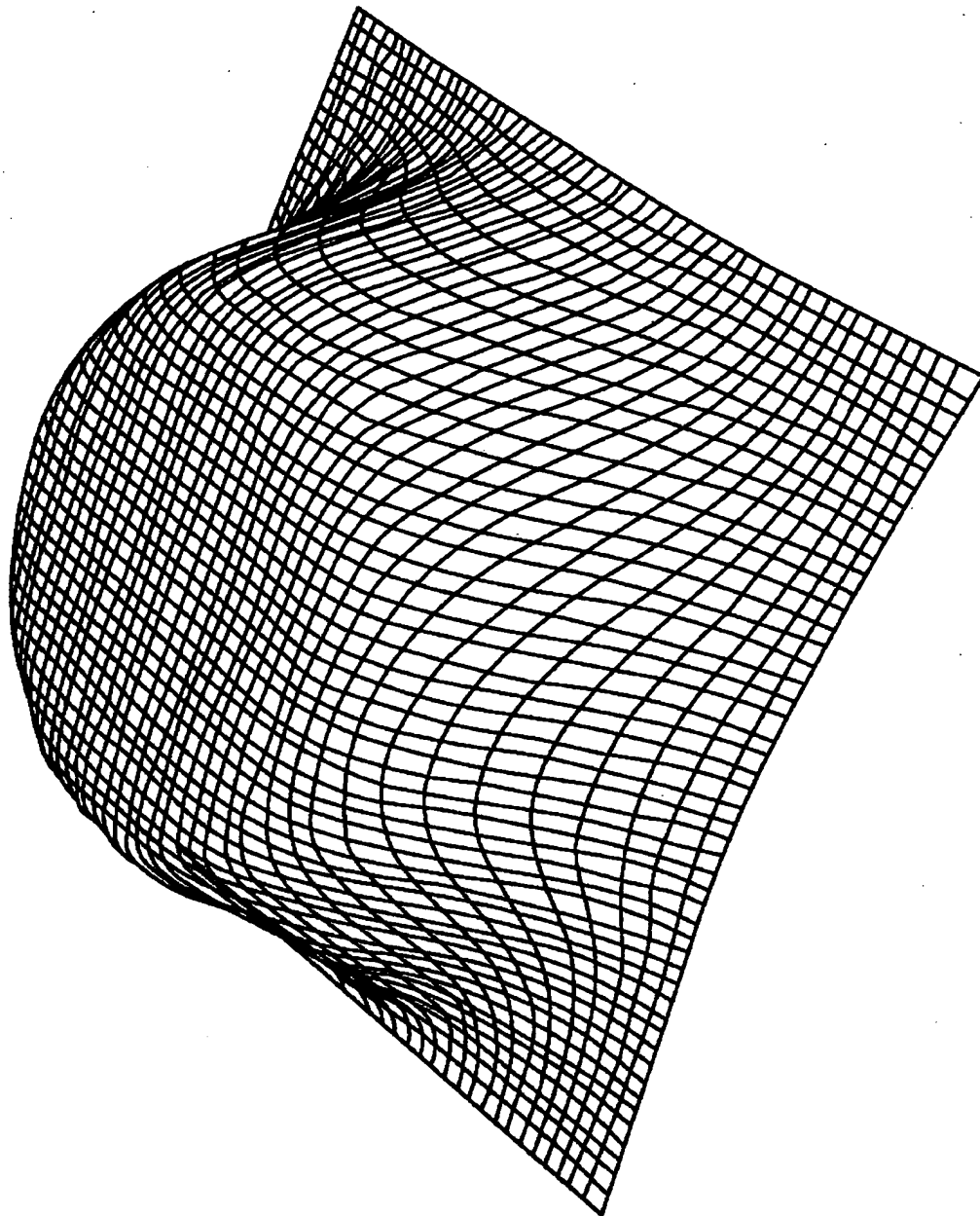
【図 9】

h=1.00				
	X1	Y1	X2	Y2
①	100,	100,	1100,	1100
②	1200,	100,	2200,	1100
③	100,	3100,	1100,	4100
④	1200,	3100,	2200,	4100

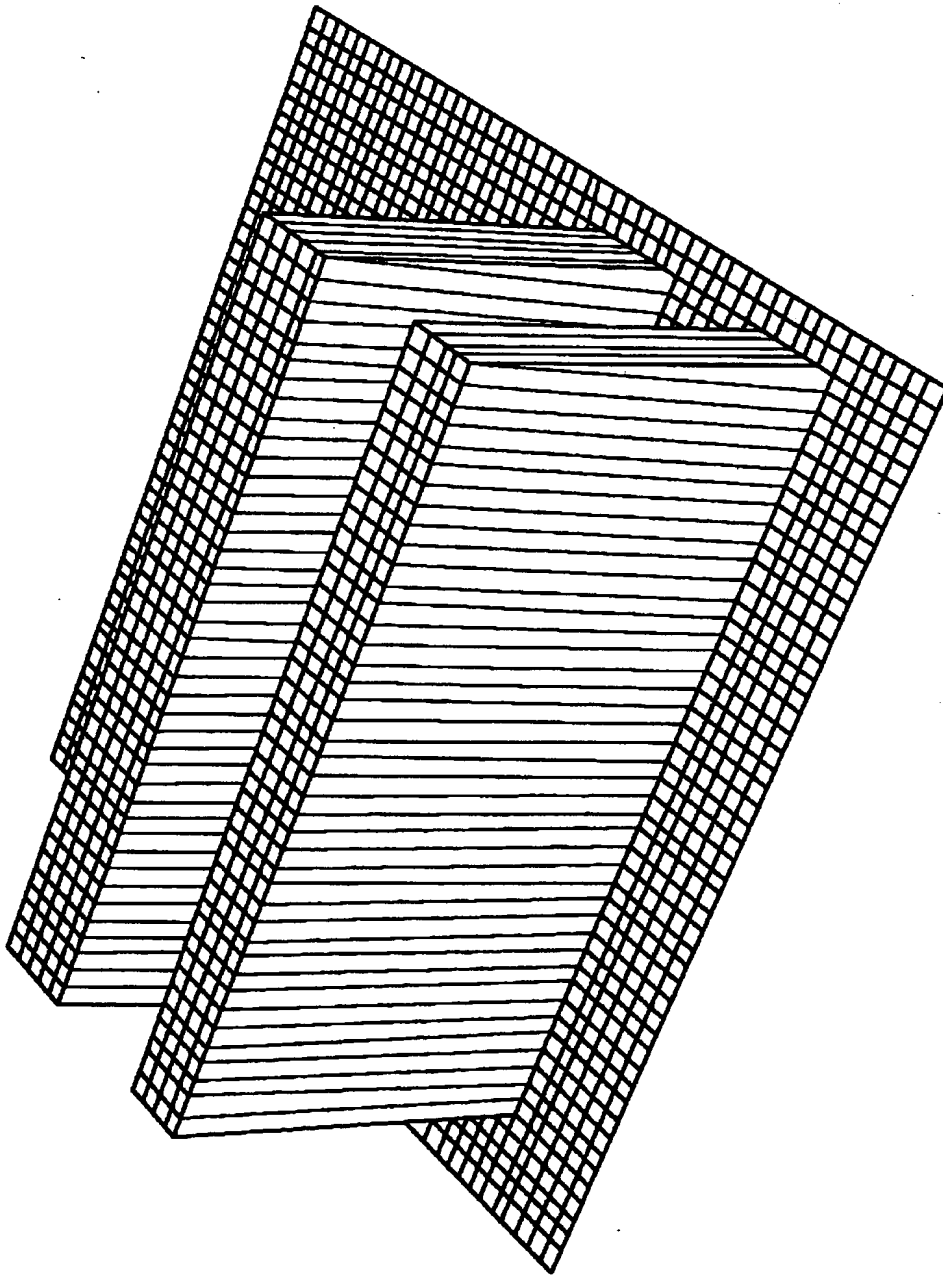
【図 1 0】



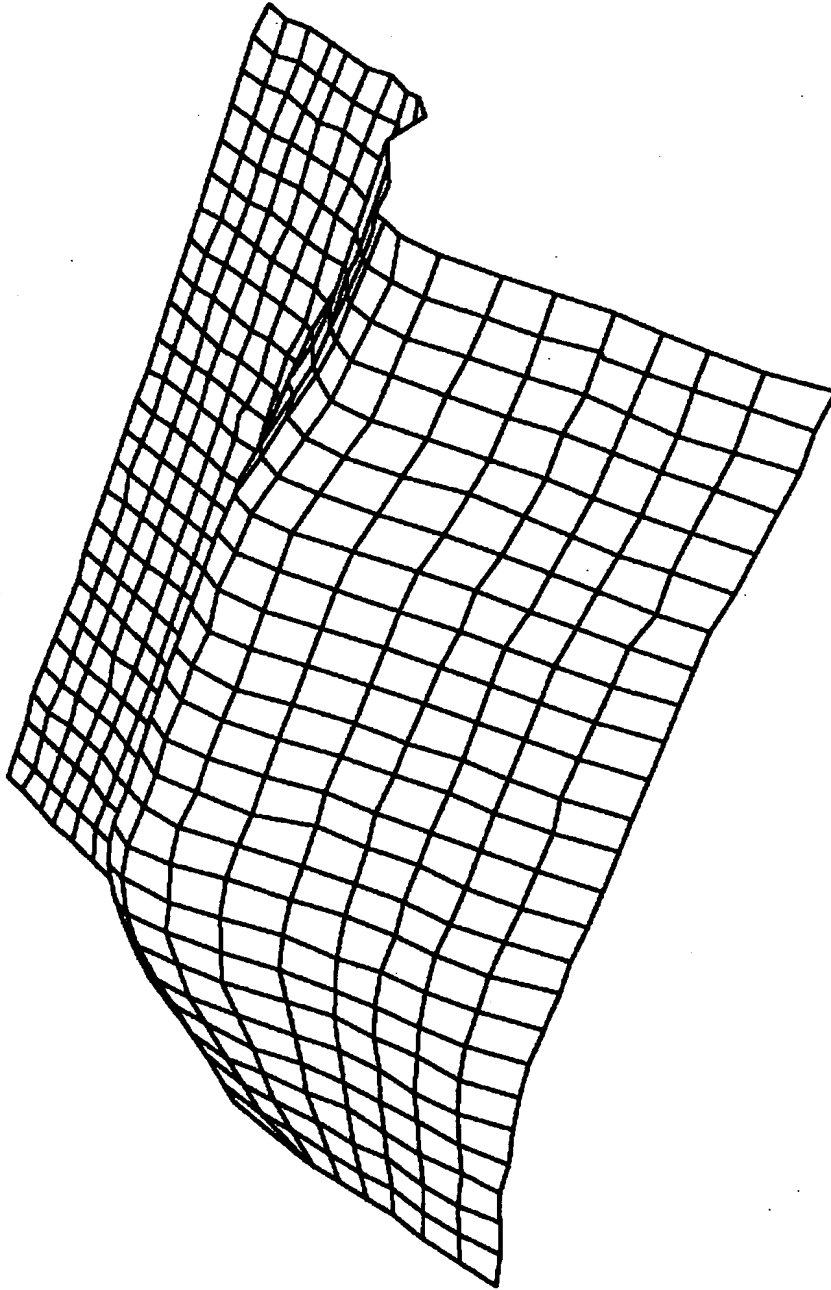
【図 1 1】



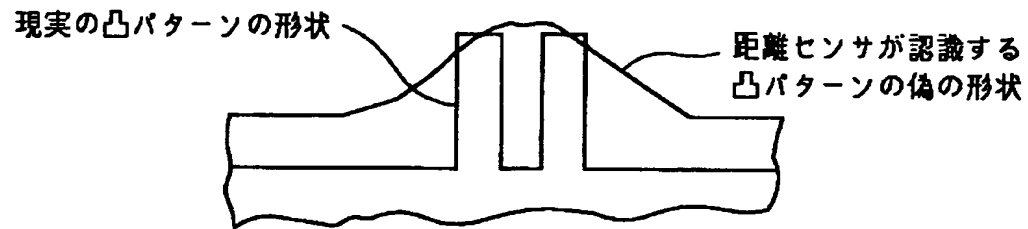
【図 12】



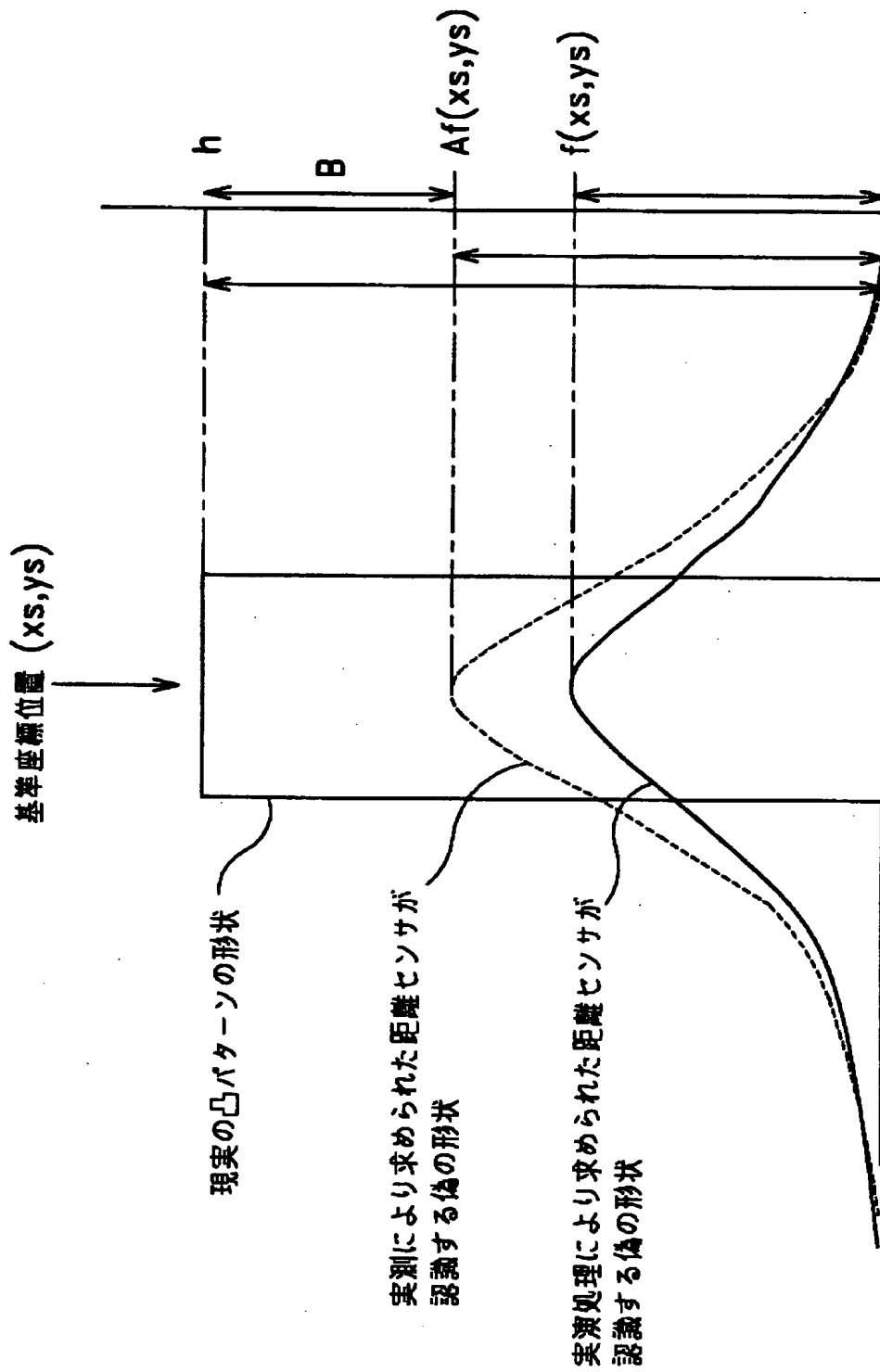
【図 13】



【図 1 4】



【図 15】



【図 1 6】

[a]
[b]
[c]
[d]

X1	Y1	X2	Y2	h
X1a,	Y1a,	X2a,	Y2a,	ha
X1b,	Y1b,	X2b,	Y2b,	hb
X1c,	Y1c,	X2c,	Y2c,	hc
X1d,	Y1d,	X2d,	Y2d,	hd

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 対物レンズの焦点深度を超えるような段差を有する検査対象物を検査する場合であっても、距離センサを用いて、対物レンズの焦点合わせを適切に行えるようにする。

【解決手段】 検査対象物である半導体ウェハ 1 0 0 に形成された各ダイが有する凸パターンや凹パターンの現実の形状と、距離センサ 8 が認識する凸パターンや凹パターンの形状（偽の形状）との差分を算出し、その差分をダイ内の段差による影響を補正するための補正值 C 2 として算出する。そして、この補正值 C 2 により距離センサ 8 からの出力を補正して正確な移動目標値を求め、この移動目標値に応じて検査用ステージ 2 を駆動して、紫外光用対物レンズの自動焦点合わせを行う。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社